

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta stavební

Katedra konstrukcí

Zahradní altán z materiálů na bázi dřeva

Garden summerhouse made of wooden-based materials

Student:

Samuel Barabasz

Vedoucí bakalářské práce:

doc. Ing. Antonín Lokaj, Ph.D.

Ostrava 2019

Zadání bakalářské práce

Student: **Samuel Barabasz**
Studijní program: B3607 Stavební inženýrství
Studijní obor: 3607R037 Konstrukce staveb
Téma: Zahradní altán z materiálů na bázi dřeva
Garden summerhouse made of wooden-based materials
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

V rámci bakalářské práce vypracujte:

1. Vypracujte stručnou rešerši zahradních altánů.
2. Navrhněte dispoziční řešení zahradního altánu ve dvou variantách z materiálů na bázi dřeva.
3. Pro zvolenou optimální variantu zpracujte návrh a posouzení vybraných rozhodujících nosných prvků a spojů, včetně ztužení a kotvení.

Rozsah grafických prací: dle potřeby

Rozsah průvodní zprávy: dle potřeby

Seznam doporučené odborné literatury:

- 1) ČSN EN 1995-1-1: Navrhování dřevěných konstrukcí. Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby.
- 2) Blass, H. J. a kol.: Dřevěné konstrukce podle EUROKÓDU 5. STEP 1. Navrhování a konstrukční materiály. Vydal Koželouh, B. – KODR Zlín, 1998.
- 3) Blass, H. J. a kol.: Dřevěné konstrukce podle EUROKÓDU 5. STEP 2. Navrhování detailů a nosných systémů. Vydal Informační centrum ČKAIT, 2004.
- 4) Natterer, J. O. et al., Holzbau Atlas, Birkhauser – Verlag für Architektur, 2003, Basel, Schweiz, ISBN 3-7643-6984-1.
- 5) Příručka 1 a 2, <http://fast10.vsb.cz/temtis/cz>, 2008.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Antonín Lokaj, Ph.D.**

Datum zadání: 31.10.2018

Datum odevzdání: 06.05.2019



doc. Ing. Antonín Lokaj, Ph.D.
vedoucí katedry

prof. Ing. Radim Čajka, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě dne 4.5.2019

Sam Ba

podpis studenta

Prohlašuji, že

- byl jsem seznámen s tím, že na mojí bakalářské práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на ве́доміі, že VŠB-TUO má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3 zákona č. 121/2000 Sb.)
- souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavře licenční smlouva s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́доміі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1987 Sb., O vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě 4.5.2019



podpis studenta

Poděkování

Rád bych na tomto místě poděkoval vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Antonínu Lokajovi, Ph.D. za konzultace, cenné rady, pomoc při řešení problémů a odborné vedení této bakalářské práce.

Anotace

Tématem bakalářské práce jsou zahradní altány na bázi dřeva. Práce obsahuje stručnou rešerši zahradních altánů. V rámci bakalářské práce je návrh dispozičního řešení zahradního altánu ve dvou variantách z materiálu na bázi dřeva. Pro zvolenou variantu byl proveden statický výpočet jednotlivých prvků altánu. Dále byl proveden návrh a posouzení těchto prvků, spojů a kotvení dle norem ČSN EN.

Klíčová slova

Zahradní altán, lepené lamelové dřevo, oblouk, prvky, spoje

Annotation

The topic of the bachelor thesis is the garden summerhouse made of wooden-based materials. This thesis contains brief research of garden summerhouses. In terms of the bachelor thesis, there is a layout of the garden summerhouse made of wooden-based materials in two variants. A static calculation of the individual elements of the garden summerhouse was made for the chosen variant. Furthermore, the design and assessment of these components, joints and anchoring were made according to norms ČSN EN.

Keywords

Garden summerhouse, glued laminated timber, arch, components, connections

Obsah

Seznam použitých zkratk a symbolů	1
1. Úvod.....	5
2. Rešerše zahradních altánů.....	6
2.1 Tradiční osmiboký altán	6
2.2 Tradiční obdélníkový altán	7
2.3 Altán z kulatiny	7
2.4 Srubový altán.....	8
2.5 Moderní designové altány.....	9
3. Návrh dispozičního řešení zahradního altánu	10
3.1 Varianta A.....	10
3.2 Varianta B.....	14
4. Materiálové charakteristiky	18
4.1 Lepené lamelové dřevo třídy GL24h.....	18
4.2 Sklo	19
4.3 Ocel.....	19
4.4 Beton.....	19
5. Výpočet zatížení varianty B.....	20
5.1 Stálé zatížení.....	20
5.2 Užité zatížení	21
5.3. Zatížení sněhem.....	21
5.4. Zatížení větrem	23
5.5. Zatěžovací stavy	26
6. Návrh a posouzení prvků varianty B	27
6.1 Krokve	27
6.2 Oblouk	31
6.3 Vrstvené sklo	35
7. Návrh a posouzení spojů a kotvení varianty B	38
7.1 Spoj krokve s obloukovým nosníkem.....	38
7.2 Patka obloukových nosníků.....	39
7.3 Patka krokví	45
8. Závěr	49
9. Seznam použité literatury	50

10.	Seznam výkresů	52
11.	Seznam příloh	53

Seznam použitých zkratk a symbolů

Písmena velké latinské abecedy

A	plocha průřezu [mm ²]
A _{ef}	účinná plocha průřezu [mm ²]
C _e	součinitel expozice [-]
C _t	tepelný součinitel [-]
E _{0,05}	hodnota 5% kvantilu modulu pružnosti [MPa]
E _g	modul pružnosti skla v tahu [MPa]
F _{ax,Rd}	návrhová osová únosnost spojovacího prostředku na vytažení [kN]
F _{ax,Rk}	charakteristická osová únosnost spojovacího prostředku na vytažení [kN]
F _{v,Rd}	návrhová únosnost pro jeden střih jednoho spojovacího prostředku [kN]
F _{v,Rk}	charakteristická únosnost pro jeden střih jednoho spojovacího prostředku [kN]
I _v	intenzita turbulence větru [-]
I _{y,z}	moment setrvačnosti k dané ose [mm ⁴]
L _{cr,y}	vzpěrná délka pro vybočení prvku kolmo k ose y [mm]
M _{y,z,Ed}	návrhová hodnota ohybového momentu k dané ose [kNm]
M _{y,Rk}	charakteristický plastický moment únosnosti spojovacího prostředku [Nmm]
N _{Ed}	návrhová hodnota normálové síly [kN]
R _{1,k}	charakteristická odolnost vrutu proti vytažení ze dřeva [kN]
R _{2,k}	charakteristická vzpěrná únosnost vrutu [kN]
R _{V,d}	odolnost vrutu proti vytažení ze dřeva [kN]
R _{x,y}	reakce v patkách v daném směru [kN]
N _{Ed}	návrhová hodnota posouvající síly [kN]
W _{y,z}	průřezový modul k dané ose [mm ⁴]

Písmena malé latinské abecedy

a	tloušťka svaru [mm]
a ₁	rozteč rovnoběžně s vlákny mezi spojovacími prostředky v jedné řadě [mm]
a ₂	rozteč kolmo k vláknům mezi řadami spojovacích prostředků [mm]
a _{3,t}	vzdálenost mezi spojovacím prostředkem a zatíženým koncem [mm]

$a_{4,t}$	vzdálenost mezi spojovacím prostředkem a zatíženým okrajem [mm]
b	šířka průřezu [m]
c	šířka pásnice [mm]
c_{dir}	součinitel směru větru [-]
c_{season}	součinitel ročního období [-]
d	průměr spojovacího prostředku [mm]
d_l	výška stojiny [mm]
d_{ef}	účinný průměr spojovacího prostředku [mm]
e	excentricita [mm]
$f_{ax,k}$	charakteristický parametr na vytažení vrutu [MPa]
$f_{b,k}$	charakteristická pevnost upravených skel [MPa]
$f_{c,0,d}$	návrhová pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny [MPa]
$f_{c,0,k}$	charakteristická pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny [MPa]
$f_{c,90,d}$	návrhová pevnost v tlaku kolmo k vláknům [MPa]
$f_{c,90,k}$	charakteristická pevnost v tlaku kolmo k vláknům [MPa]
$f_{c,d}$	návrhová pevnost betonu v tlaku [MPa]
$f_{c,k}$	charakteristická pevnost betonu v tlaku [MPa]
$f_{g,d}$	návrhová pevnost skla [MPa]
$f_{g,k}$	charakteristická pevnost skla [MPa]
$f_{h,0,k}$	charakteristická pevnost v otlacení dřeva rovnoběžně s vlákny [MPa]
$f_{h,\alpha,k}$	charakteristická pevnost v otlacení dřeva pro uhel α s vlákny [MPa]
$f_{m,d}$	návrhová pevnost v ohybu [MPa]
$f_{m,k}$	charakteristická pevnost v ohybu [MPa]
$f_{v,d}$	návrhová pevnost ve smyku [MPa]
$f_{v,k}$	charakteristická pevnost ve smyku [MPa]
f_y	mez kluzu [MPa]
g_k	charakteristická hodnota stálého zatížení [kN/m^2]
h	výška prvku [m]
$h_{ef,w}$	účinná tloušťka pro výpočet maximálního průhybu skla [mm]
$h_{ef,\sigma}$	účinná tloušťka pro výpočet napětí ve skle [mm]
h_k	tloušťka jednotlivých tabulí skla [mm]
$h_{m,k}$	vzdálenost těžišťové osy tabule skla od těžišťové souvrství [mm]

i_y	poloměr setrvačnosti k ose y [mm]
k_{90}	součinitel zohledňující uspořádání napětí, štěpení, deformace [-]
$k_{c,y}$	součinitel vzpěrnosti [-]
k_{cr}	redukční součinitel [-]
k_{def}	součinitel dotvarování [-]
k_{ef}	součinitel závisející na vzdálenosti [-]
k_m	součinitel zohledňující redistribuci ohybových napětí v průřezu [-]
k_{mod}	modifikační součinitel zohledňující vliv délky trvání zatížení a vlhkosti na dřevěné konstrukce [-]
$k_{mod,g}$	modifikační součinitel zohledňující vliv délky trvání hlavního zatížení na skleněné konstrukce [-]
$k_{s,p}$	součinitel zohledňující úpravu povrchu skla [-]
k_v	součinitel zpevnění, zohledňuje způsob výroby skla [-]
k_y	součinitel vzpěrnosti [-]
l	délka prvku [mm]
l_{ef}	účinná délka [mm]
n_{ef}	účinný počet spojovacích prostředků [-]
q_k	charakteristická hodnota užitého zatížení [kN/m ²]
s_k	charakteristická hodnota zatížení sněhem [kN/m ²]
t_l	hloubka vniku spojovacího prostředku do dřevěného prvku [mm]
t_f	tloušťka pásnice [mm]
t_w	tloušťka stojiny [mm]
$v_{b,0}$	výchozí základní rychlost větru [m/s]
w_{inst}	okamžitý průhyb [mm]
w_{fin}	finální průhyb [mm]
w_k	charakteristická hodnota zatížení [kN/m ²]
z_0	parametr drsnosti terénu [-]
z_{min}	minimální výška [m]

Písmena malé latinské abecedy

α	úhel mezi silou a směrem vláken nebo zatíženým okrajem/koncem [°]
β_c	součinitel přímosti [-]

γ_M	dílčí součinitel vlastnosti materiálu [-]
ε	součinitel závisující na f_y [-]
λ_y	štíhlostní poměr odpovídající ohybu kolem osy y [-]
$\lambda_{rel,y}$	poměrný štíhlostní poměr odpovídající ohybu kolem osy y [-]
ρ_k	charakteristická hustota [kg/m ³]
$\sigma_{c,0,d}$	návrhové napětí v tlaku rovnoběžně s vlákny [MPa]
$\sigma_{c,90,d}$	návrhové napětí v tlaku kolmo k vláknům [MPa]
$\sigma_{eq,Ed}$	největší hodnota Misesova srovnávacího napětí [MPa]
$\sigma_{m,y,d}$	návrhové napětí v ohybu k ose y [MPa]
$\sigma_{m,z,d}$	návrhové napětí v ohybu k ose z [MPa]
τ_d	návrhové napětí ve smyku [MPa]
ψ_0	součinitel pro kombinační hodnotu proměnného zatížení [-]
ψ_2	součinitel pro kvazistálou hodnotu proměnného zatížení [-]
ω	součinitel přenosu smykových sil u skla [-]

1. Úvod

Cílem bakalářské práce bylo vypracovat stručnou rešerši o altánech, navrhnout dispoziční a konstrukční řešení zahradního altánu na bázi dřeva ve dvou variantách a pro jednu zvolenou variantu zpracovat návrh a posouzení nosných konstrukcí a spojů, včetně ztužení a kotvení. Místo pro zvolenou variantu altánu jsem zvolil Frýdek-Místek. Materiálem je lepené lamelové dřevo, které je slepené z dřevěných smrkových lamel o tloušťce 20 mm.

Důvodem, proč jsem si vybral toto téma je především můj zájem o lesnictví a následně i o dřevěné konstrukce. Dřevo je přírodní, ekologický hodnotný obnovitelný materiál. Zpracování dřeva v porovnání s jinými materiály málo zatěžuje životní prostředí. V porovnání s ostatními běžně používanými materiály (ocel, beton, keramika) je velmi úsporný na energie potřebné při výrobě. Ve srovnání s ocelí je dřevo úspornější až 9,5krát [1]. Taky při výrobě dřevo neprodukuje žádný oxid uhličitý. Dřevo za dobu své životnosti naopak příslušné množství oxidu uhličitého z atmosféry odebere. Kromě toho také neobsahuje žádné škodlivé látky.

Altán je samostatně stojící konstrukce umístěná v zahradách, v parcích nebo na veřejných prostranstvích. Slouží pro odpočinek nebo relaxaci lidí, které chrání před sluncem a deštěm. Altány jsou většinou z části uzavřené, můžou být však zcela uzavřené nebo volně otevřené. Nejpoužívanějším a nejběžnějším stavebním materiálem je rostlé dřevo. Výhodou je nižší cena a možnost provádět jednoduchou stavbu svépomocí.

Altán se může plést s pergolou. Pergola je původně okrasnou stavbou bez střechy, vhodná pro růst popínavých rostlin. V dnešní době bývá pergola zastřešena například polykarbonátem, který propouští světlo, ale chrání před deštěm. Pergoly jsou otevřené bez stěn, samostatně stojící nebo často jednou stranou ukotvené do stěny jiného objektu.

2. Rešerše zahradních altánů

V dnešní době existuje mnoho typů zahradních altánů, které se od sebe liší použitým materiálem nebo konstrukčním řešením. V následujících podkapitolách jsou uvedeny některé základní typy zahradních altánů na bázi dřeva.

2.1 Tradiční osmiboký altán

Altán je zobrazen na obrázku 1. Altán má v půdorysu osmiúhelníkový tvar běžně o průměrech od 3 do 7 metrů. Střecha má tvar jehlanu.

Altán je tvořen z osmi sloupků. Sloupky jsou spojeny k ocelovým kotevním patkám, které jsou vetknuty do betonových základů. Obvodové trámy se pak položí horizontálně na sloupky, kde jsou spojeny přeplátováním. Střecha je tvořena osmi nárožními krokvi, které jsou položeny nad sloupky a směřují doprostřed altánu. Mezi nárožní krokve jsou vloženy krokve ve vzdálenostech 0,8 až 1,2 metrů. Krokve jsou spojeny s trámy pomocí tesařského spoje osedláním.

K zajištění stability se použijí pásy, případně i zavětrování v bočních stěnách. Pásy jsou namáhané na tlak a jsou obvykle čtvercového průřezu. Spolupůsobí při přenášení zatížení z trámů do sloupků. Podobné konstrukční řešení je u šestibokého nebo čtvercového altánu se stanovou střechou.



Obrázek 1: 3D model osmibokého altánu [2]

2.2 Tradiční obdélníkový altán

Čtyřhranné altány mohou mít čtvercový nebo obdélníkový tvar. Střecha může být sedlová (viz obr. 2) nebo valbová.

Altán má osm sloupků. Trámy můžeme rozdělit na pozednice, které leží na sloupcích a na vrcholovou vaznici která podepírá krokve. Krokve jsou spojeny pomocí tesařských spojů: osedlání při spoji s trámy a přeplátování ve vrcholu při spojování dvou krokví. Krokve jsou pak ještě spojeny pomocí svorníků klestinami, které zajišťují příčné ztužení. Pokud je střecha valbová, použije se v rozích nárožní krokev. Použití a funkce pásků je stejné jako u osmibokého altánu.



Obrázek 2: 3D model obdélníkového altánu se sedlovou střechou [2]

2.3 Altán z kulatiny

Do této kategorie spadá například altán Ponoco Handcrafted Log Pavilion (viz obr. 3). Altán je postaven z neopracované kulatiny. Stavba má čtvercovitý půdorys s křížovou střechou, která je podepřena čtyřmi velmi mohutnými sloupy. Zatížení střechy je přenášeno čtyřmi hlavními krokvemi, které směřují do středu altánu a vodorovnými krokvemi, které jsou na jedné straně spolu spojeny a na druhé straně jsou podepřeny věšadlem. Věšadla jsou ze všech čtyř stran. Střešní konstrukce tak připomíná křížení dvou krovů vlašské soustavy.

Díky neopracovanému stavebnímu materiálu o velkých průměrech vypadá altán velmi masivně a originálně. Nevýhodou je náročnost na výběr vhodné kulatiny, vysoká hmotnost a spotřeba materiálu.



Obrázek 3: Altán Ponoco Handcrafted Log Pavilion [3]

2.4 Srubový altán

Další zajímavou alternativou jsou srubové altány (viz obr. 4). Zde svislé zatížení je přenášeno pomocí stěn. Stěny jsou vyrobeny z masivních dřevěných prvků, které jsou kladeny vodorovně na sebe. Tyto prvky mohou mít v průřezu různé tvary: kruhový, čtvercový nebo obdélníkový. Nevýhoda je vyšší spotřeba materiálu a tím i jeho cena.



Obrázek 4: Srubový altán při realizaci [4]

2.5 Moderní designové altány

Moderní designové altány jsou charakteristické minimalismem. Střechy jsou většinou pultové s nízkým sklonem. Oproti tradičním altánům se liší například ve zdvojení vaznice a absence pásků. Vaznice je tvořena ze dvou kleštin, které obepínají sloupek. Místo pásku se v místě spoje vytvoří tuhý rámový spoj, díky vloženému ocelovému plechu (viz obr. 5). Tento systém je charakteristický pro moderní pergoly (viz obr. 6), můžeme se ale s tím setkat i u altánu.



Obrázek 5: Detail spoje vaznice se sloupkem [5]



Obrázek 6: Moderní designová pergola [5]

3. Návrh dispozičního řešení zahradního altánu

Návrh obsahuje dvě varianty řešení zahradního altánu v lokalitě Frýdek-Místek.

3.1 Varianta A

První variantou je zahradní altán o menším půdorysu bez jednoho rohového sloupku (viz obr. 7). Plocha altánu činí 25 m². Půdorys střechy je mírně kosočtvercový. Střecha má dvě okapové strany, které mají délku 4,9 metrů. Vzdálenost zbylých dvou stran je 5,1 m. Výška střechy v nejvyšším bodě činí 3,89 metrů.

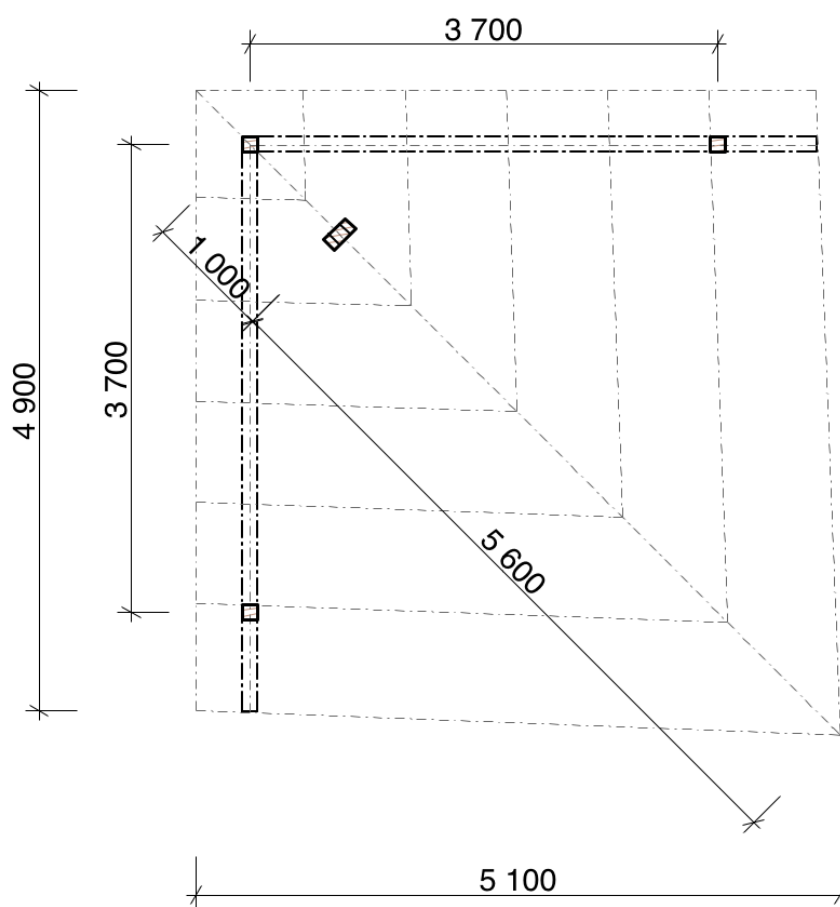
Dominantou altánu je zavěšený zakřivený nosník z lepeného lamelového dřeva. Řez nosníkem je na obrázku 8. V ose nosníku má nosník poloměr zakřivení 17,8 m. Délka oblouku je 7,2 m, rozpětí 7,155 m a vzepětí 0,36 m. Nosník leží na dvou sloupcích, které jsou od sebe vzdálené 1 m. Zbytek nosníků o délce 5,61 m je zavěšené na laně. Toto lano je zakotveno na sloupku, který stojí uvnitř altánu. Protože nosník je zavěšen na laně, je nutné při návrhu počítat s tím, že nosník se bude při sání větrem chovat jako konzola. U předběžného zjednodušeného statického výpočtu vychází ohybový moment přibližně 24 kNm. Pro přenesení těchto sil odpovídá nosníku o rozměrech 120 x 300 mm třídy GL 28h.

Po obvodě má altán tři sloupky o výšce 2,1 m a jeden sloupek uprostřed o výšce 2,67 m. Vzdálenost sloupků po obvodě altánu je 3,7 metrů. Sloupek v rohu je namáhán na tah, proto zde musí být správně navrženo a provedeno kotvení do základů. Nejvíce zatížený prvek na osovou sílu je sloupek uprostřed, který je namáhán na vzpěrný tlak. Sloupek prochází přes obloukový nosník, kde nahoře jsou ukotveny ocelová lana. Aby sloupek procházel průběžně přes nosník, je sloup složený ze dvou fošen 60 x 120 mm, které obepínají nosník ze dvou stran. Uprostřed je vložka 120 x 120 mm. Z předběžného výpočtu jsou vnitřní normálové síly pod nosníkem přibližně 100 kN. Takovým silám průřez z rostlého dřeva třídy C24 vyhoví. Tento sloupek je vystaven povětrnostním podmínkám a hrozí zatékání vody přes místo, kde sloupek prochází skrze střechu. Proto musí být zde provedena kvalitní oplechování spoje a provedena kvalitní ochrana dřeva.

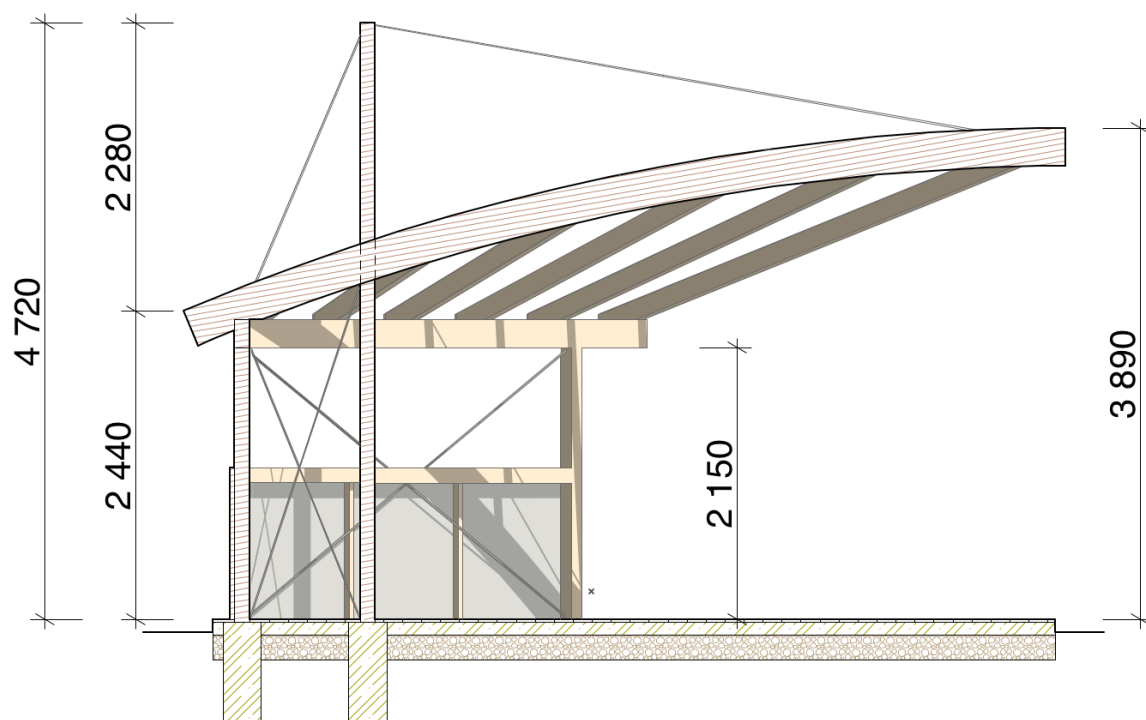
Střecha je tvořena celoplošným bedněním, které leží na krokvicích. Sklon střechy není konstantní, protože střecha kopíruje tvar oblouku. Okap střechy ale leží v rovině. Sklon střechy je v rozmezí od 16,4° do 29,4°. Krokve jsou pomocí tesařského spoje „osedláním“ uloženy z jedné strany na vodorovné trámy (pozednice) a na druhé straně jsou spojeny

s obloukem na sraz pomocí dvojzávitových vrutů (viz podkapitola 7.1). Vzdálenost krokví činí 0,8 metrů.

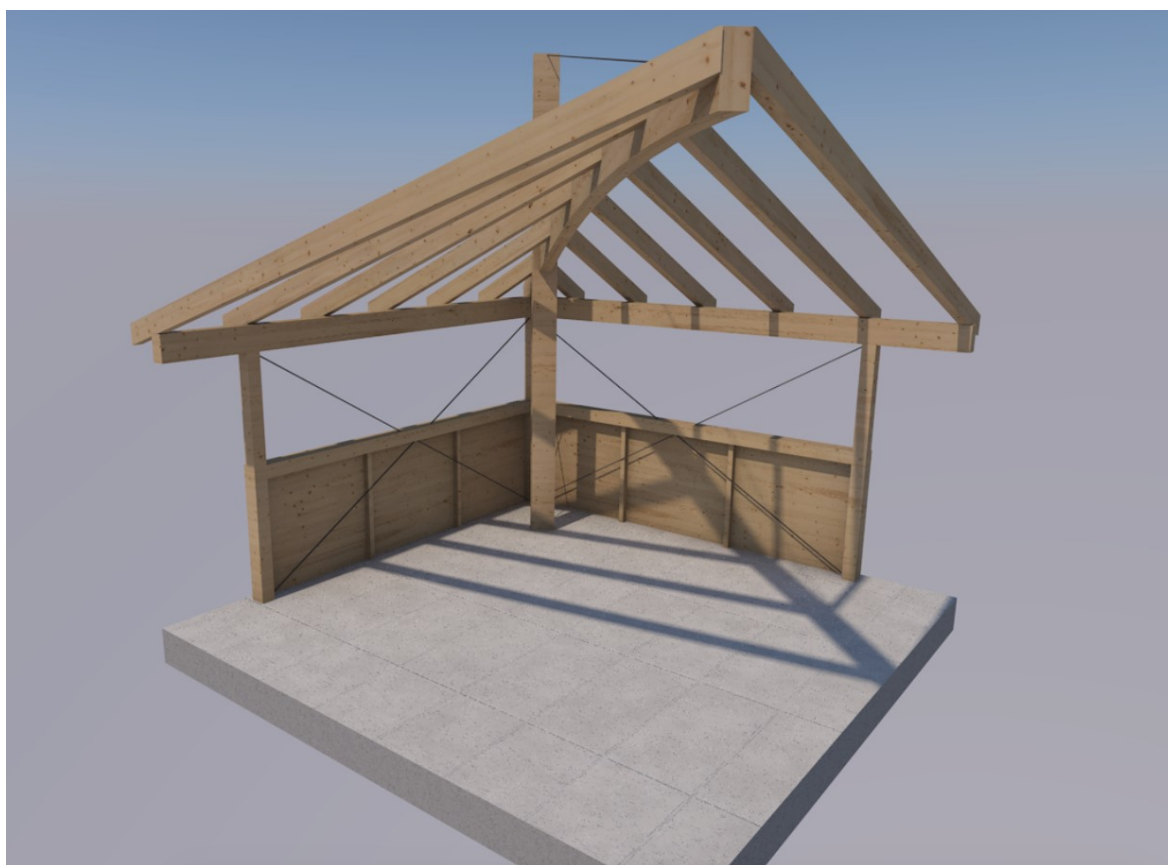
Ztužení zahradního altánu je provedeno pomocí diagonál z ocelových lan, které jsou umístěné po obvodu altánu. Altán má navržené dvě stěny, které jsou vysoké 1,2 metrů. V případě požadavku investora na ochranu vnitřního prostoru před větrem se stěny navrhnu s výškou až pod střechu. Stěny jsou vyrobeny z desek z rostlého dřeva tloušťky 25 mm a z mezloupků o rozměrech 60x50 mm. Založení altánu je na patkách do hloubky minimálně 0,8 metrů pod upravený terén.



Obrázek 7: Schéma půdorysu zahradního altánu, varianta A



Obrázek 8: Řez zakřiveným nosníkem, diagonální řez altánem



Obrázek 9: 3D model altánu varianty A



Obrázek 10: 3D model altánu varianty A



Obrázek 11: 3D model altánu varianty A

3.2 Varianta B

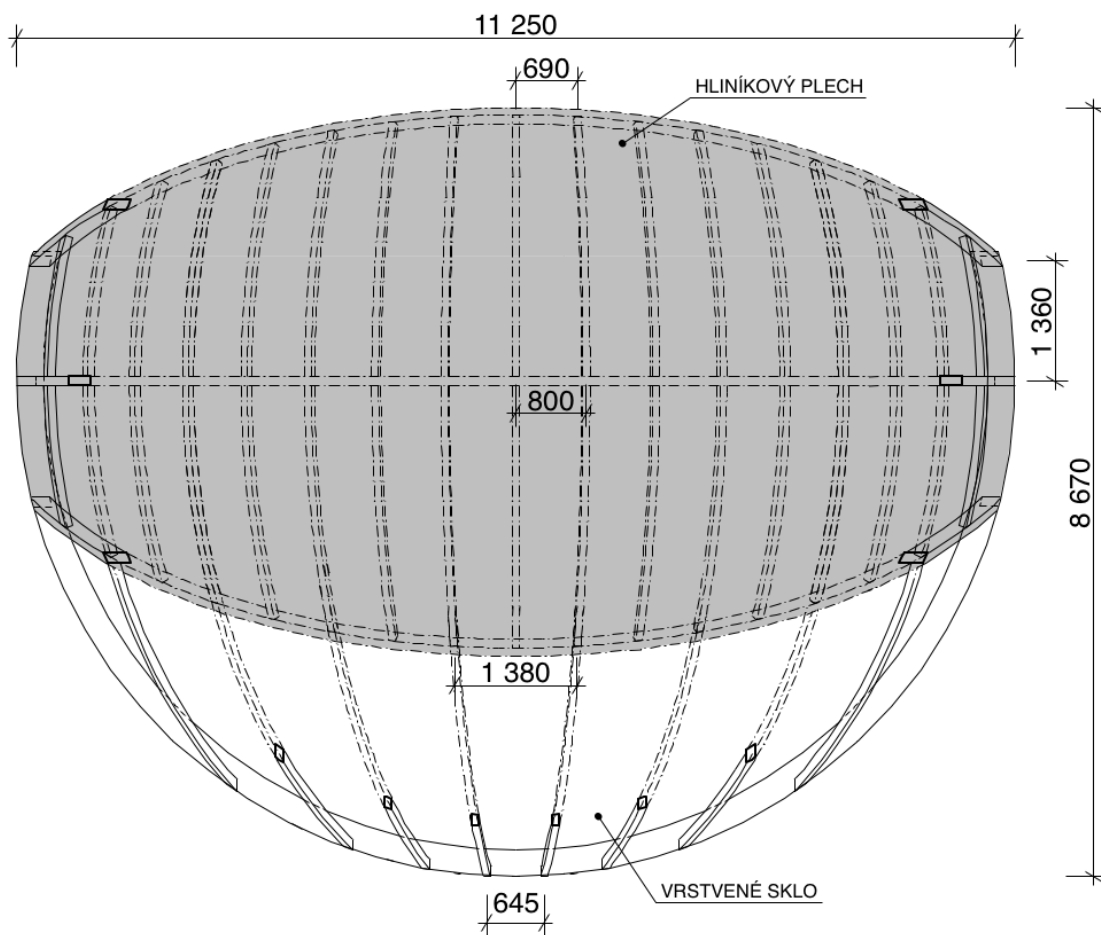
Druhá varianta zahradního altánu je ve tvaru kulové úseče o poloměru 6,14 metrů. Půdorysné rozměry altánu jsou zobrazeny na obrázku 12. Užité plocha je 51,48 m².

Základní nosným prvkem altánu jsou tři oblouky z lepeného lamelového dřeva třídy GL24h. Poloměr zakřivení v ose vnitřních nosníků je 6 m. Prostřední oblouk je v svislé poloze. Jeho délka je 13,98 m, rozpětí 11,25 m a vzepětí 3,7 m. Zbylé dva oblouky jsou od středního pootočené o 35 stupňů na obě strany. Oblouky jsou kotveny do betonové zídky pomocí ocelových patek. Patky jsou provedeny tak, aby mohlo dojít k pootočení nosníku. Velikost oblouků splňuje největší povolené rozměry pro přepravu, proto jsou vyrobeny v celku bez montážního spoje.

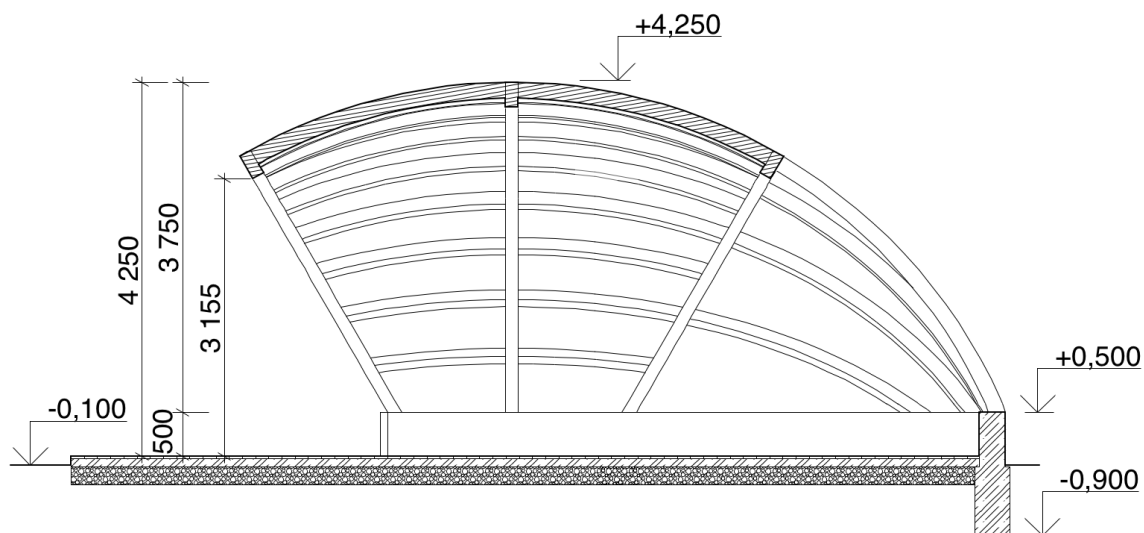
Mezi nosníky jsou krokve, které jsou také zakřivené a jsou z lepeného lamelového dřeva. Poloměr zakřivení v ose těchto krokví je 6,05 m. Vzdálenost krokví je ve středovém oblouku 0,8 metrů, vzdálenost se však směrem ke krajním nosníkům mírně zmenšuje. Krokve jsou k nosníkům spojeny na sraz pomocí dvojzávitových vrutů WT-T. V prosvětlené části altánu jsou krokve s poloměrem zakřivení v ose 6 m. Jsou kotveny přímo do betonové zídky pomocí ocelových patek.

Celá konstrukce je uložena na betonové zídce, která je vysoká 0,5 m a široká 0,3 m. Hloubka založení betonové zídky je v nezamrzlé hloubce 0,8 metrů pod upraveným terénem. Šířka základových pásů je 0,4 m. Betonová zídka ve tvaru kružnice o vnitřním poloměru 5,3 m je navržena z betonu třídy C20/25. Prostorová tuhost altánu je zajištěna bedněním neprosvětlené části altánu a samotnou nosnou konstrukci, proto dodatečné ztužení není nutné provádět.

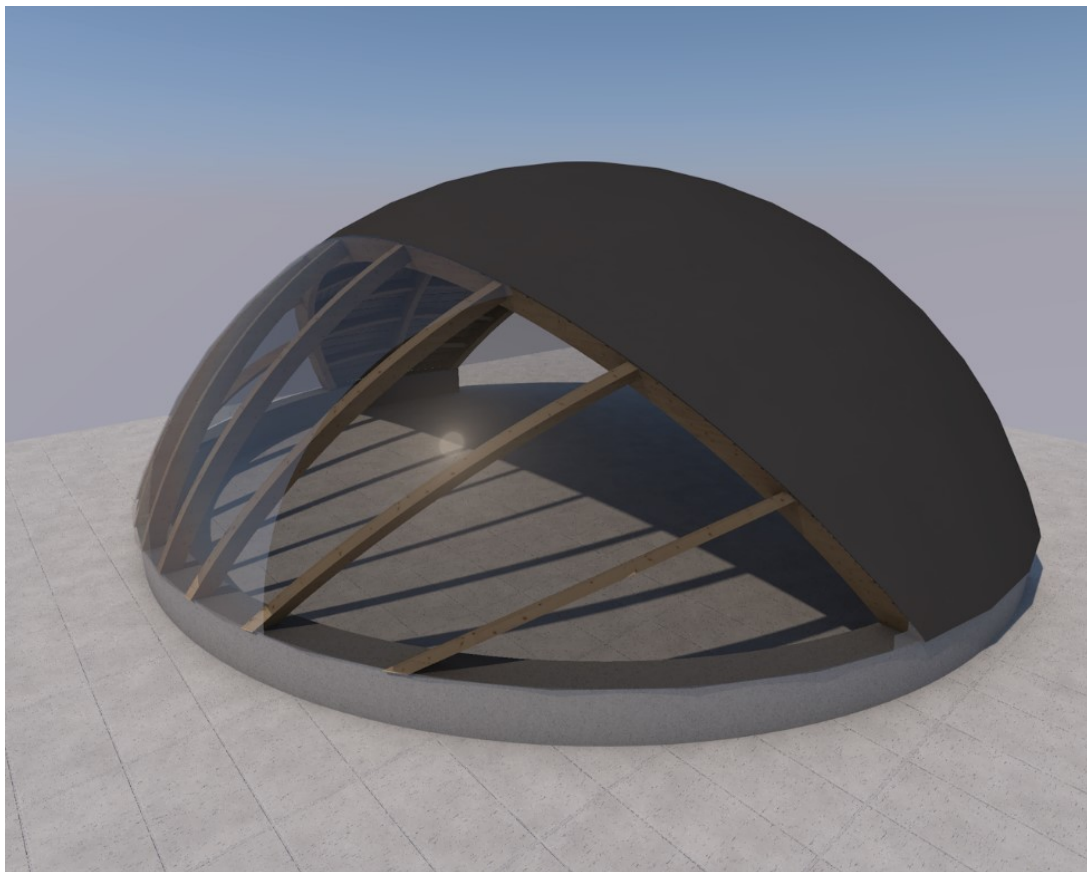
Střecha altánu je z části neprosvětlená a z části prosvětlená. Neprosvětlená část je z hliníkového plechu, který je pokládán na celoplošné bednění. Prosvětlená část je skleněná. Sklo je vyrobeno z tepelně tvrzeného vrstveného skla, které se skládá ze dvou vrstev o tloušťce 5 mm a mezivrstvy z polyvinyl butyralu o tloušťce 0,76 mm. Celková tloušťka skla činí 10,76 mm.



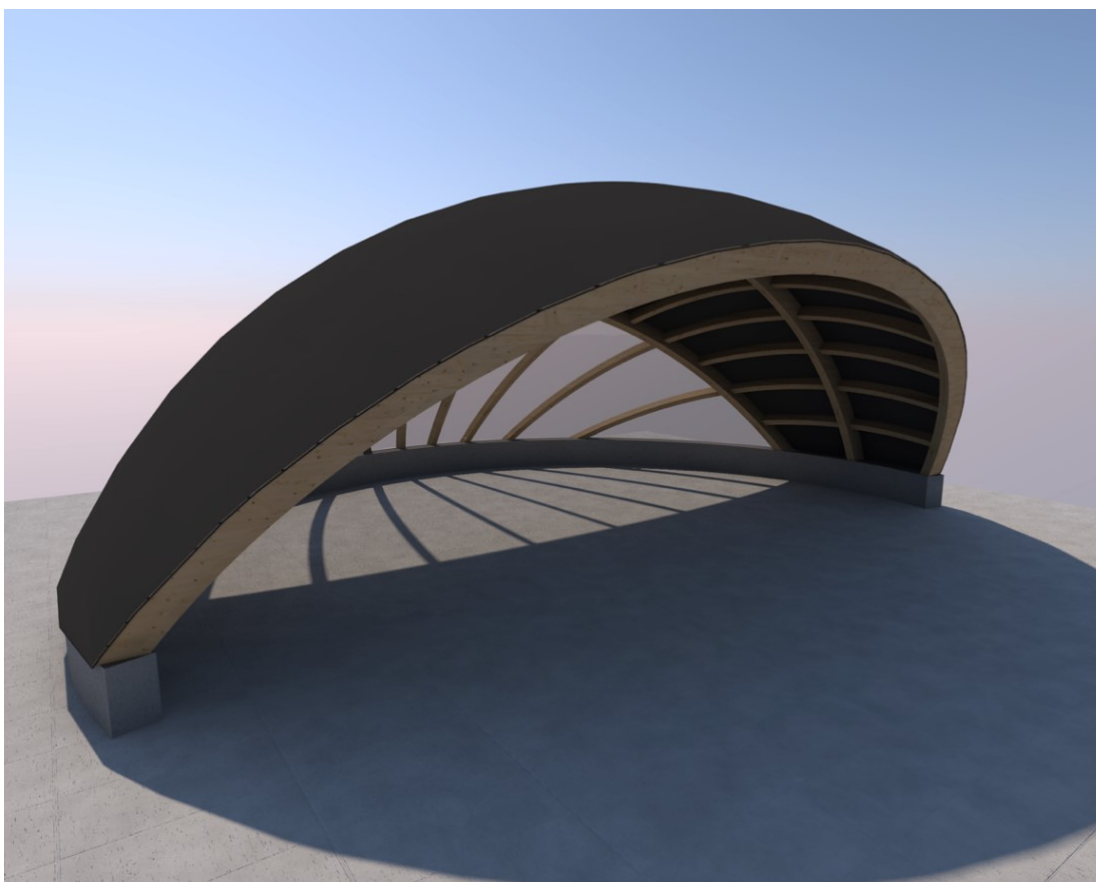
Obrázek 12: Schéma půdorysu zahradního altánu, varianta B



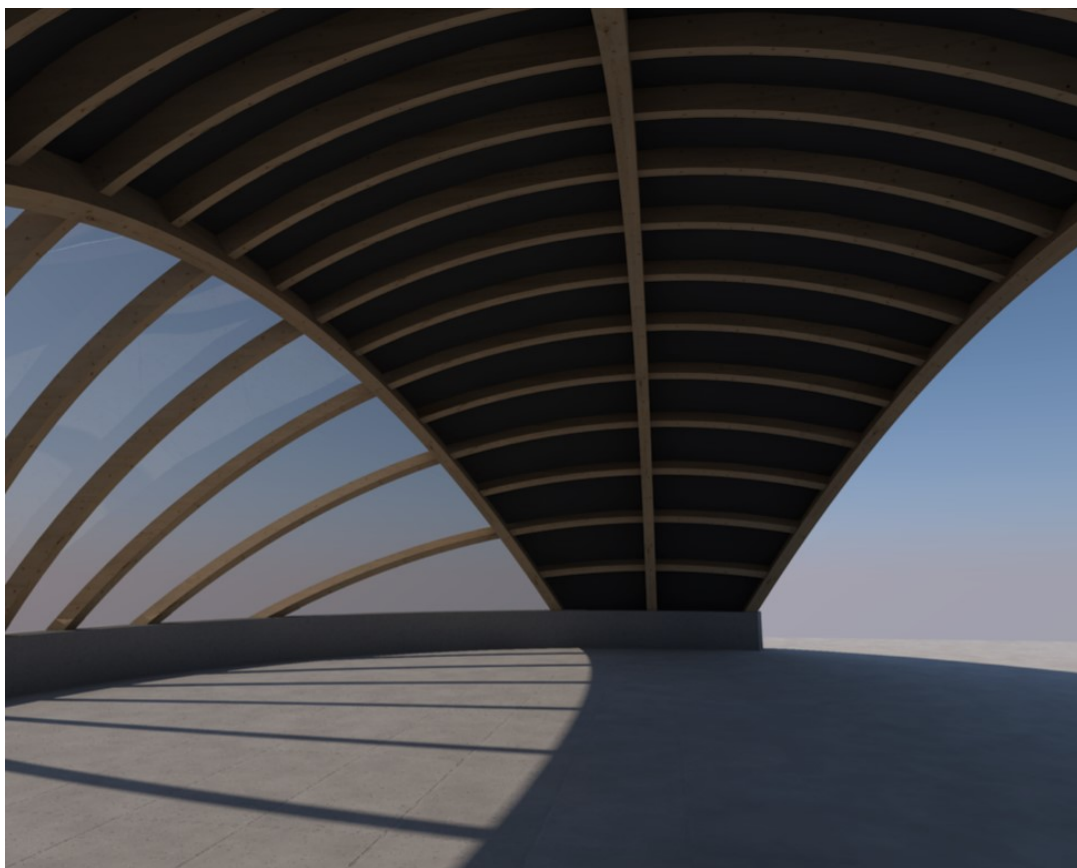
Obrázek 13: Příčný řez altánem, varianta B



Obrázek 14: 3D model altánu varianty B



Obrázek 15: 3D model altánu varianty B



Obrázek 16: 3D model altánu varianty B

4. Materiálové charakteristiky

Krokve a trámy jsou navrženy z lepeného lamelového dřeva třídy GL24h. Tloušťka lamel je 20 mm. Latě jsou navrženy z rostlého dřeva třídy C24. Všechny prvky spadají do třídy provozu 3. Modifikační součinitel k_{mod} byl uvažován pro krátkodobé zatížení. Charakteristické hodnoty byly převzaty z tabulek [6].

4.1 Lepené lamelové dřevo třídy GL24h

Charakteristické hodnoty:

$$f_{m,k} = 24 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,k} = 24 \text{ MPa}$$

$$f_{c,90,k} = 5,5 \text{ MPa}$$

$$f_{v,k} = 2,8 \text{ MPa}$$

$$E_{0,05} = 8\,800 \text{ MPa}$$

$$\rho_k = 380 \text{ kg/m}^3$$

$$\gamma_M = 1,25$$

$$k_m = 0,7$$

$$\beta_c = 0,1$$

Návrhové hodnoty:

$$f_d = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_k}{\gamma_M}$$

$$k_{\text{mod}} = 0,7$$

$$f_{m,d} = 13,44 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,d} = 13,44 \text{ MPa}$$

$$f_{c,90,d} = 3,08 \text{ MPa}$$

$$f_{v,d} = 1,568 \text{ MPa}$$

4.2 Sklo

$$E_g = 70\,000 \text{ MPa}$$

$$f_{b,k} = 120 \text{ MPa}$$

$$f_{g,k} = 45 \text{ MPa}$$

$$k_{\text{mod},g} = 0,44$$

$$k_{s,p} = 1$$

$$k_v = 1$$

$$\gamma_{M,A} = 1,8$$

$$\gamma_{M,v} = 1,2$$

$$\omega = 0,3$$

4.3 Ocel

$$I_{y,UE50} = 2,28 \cdot 10^5 \text{ mm}^4$$

$$I_{z,UE50} = 5,61 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$W_{pl,y,UE50} = 11\,200 \text{ mm}^3$$

$$W_{pl,z,UE50} = 5\,060 \text{ mm}^3$$

$$\gamma_{M,0} = 1$$

$$\gamma_{M,2} = 1,25$$

$$\varepsilon = 0,81$$

4.4 Beton

$$f_{c,k} = 20 \text{ MPa}$$

Návrhové hodnoty:

$$f_{c,d} = \frac{f_{c,k}}{\gamma_c} = \frac{20}{1,5} = 13,33 \text{ MPa}$$

5. Výpočet zatížení varianty B

Na altán působí účinky zatížení od stálého zatížení, užitého zatížení, zatížením sněhem a větrem. Stálé a užité zatížení bylo vypočteno dle normy ČSN EN 1991-1-1[7], zatížení větrem dle normy ČSN EN 1991-1-3[8] a zatížení sněhem dle normy ČSN EN 1991-1-4[9]. Hodnoty byly vypočteny v charakteristických hodnotách. Tyto hodnoty byly použity ve výpočetním softwaru Scia Engineer 18.1[10], kde bylo vytvořeno celkem 10 zatěžovacích stavů. Zatěžovací stavy byly dále přenásobeny dle ČSN EN 1990[11] součiniteli spolehlivosti a kombinačními součiniteli a byly vytvořeny všechny možné kombinace zatížení.

5.1 Stálé zatížení

Krytina pro neprosvětlenou část střechy byla zvolena z hliníkového plechu Profal od firmy AL INVEST Břidličná a.s. Krytina se pokládá na celoplošné bednění z rostlého dřeva. Krytina pro prosvětlenou část střechy byla zvolena z vrstveného skla Connex tloušťky 10,76 mm od firmy VV SKLO s.r.o. Odhad rozměru krokve je 80 mm na šířku a 180 mm na výšku. Odhad nosníků je 140 mm na šířku a 280 mm na výšku.

Výpočet stálého zatížení neprosvětlené části střechy

Hliníkový plech Profal ($\gamma=2,1 \text{ kg/m}^2$), dřevěné bednění tl. 25 mm ($\gamma=440 \text{ kg/m}^3$).

$$g_k = 0,021 + 4,4 \cdot 0,025 = \mathbf{0,13 \text{ kN/m}^2}$$

Výpočet stálého zatížení prosvětlené části střechy

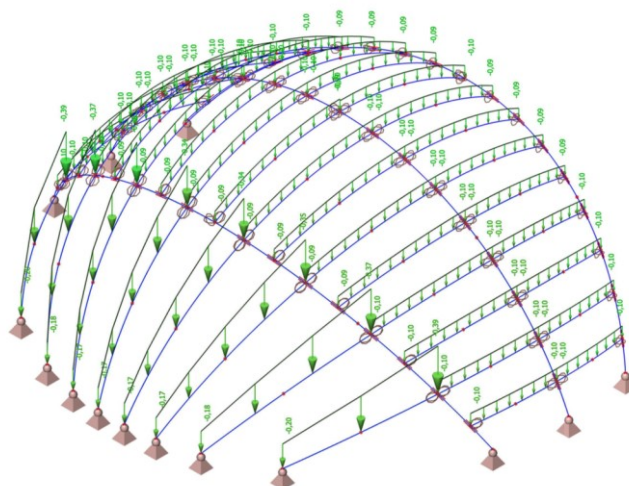
Dvouvrstvé sklo Connex 5.5.2 ($\gamma=25 \text{ kg/m}^2$). Sklo se skládá z dvou skel o tloušťce 5 mm, mezi skly je PVB fólie o tloušťce 0,76 mm. Celková tloušťka skla je 10,76 mm.

$$g_k = \mathbf{0,25 \text{ kN/m}^2}$$

Výpočet stálého zatížení krokví a nosníků

Krokve: $g_k = 4,4 \cdot 0,08 \cdot 0,18 = 0,1 \text{ kN/m}$

Nosníky: $g_k = 4,4 \cdot 0,14 \cdot 0,28 = 0,2 \text{ kN/m}$



Obrázek 17: Vlastní tíha střešní konstrukce

5.2 Užité zatížení

Užité zatížení kategorie H: nepřístupné střechy s výjimkou běžné údržby a oprav. Charakteristické zatížení: $q_k = 0,75 \text{ kN/m}^2$. Užité zatížení se nekombinuje s dalšími proměnnými zatíženími. Protože užité zatížení je menší než zatížení sněhem a větrem, můžeme ho zanedbat.

5.3. Zatížení sněhem

Altán spadá do III. sněhové oblasti. (Frýdek-Místek). Tvarové součinitele zatížení sněhem jsem použil dle [9] na válcové střechy. Celkem mohou nastat tři varianty působení sněhu: zatížení nenavátým sněhem, zatížení podélně navátým sněhem a zatížení příčně navátým sněhem.

Vstupní údaje

- charakteristická hodnota zatížení střechy sněhem (III.): $s_k = 1,5 \text{ kN/m}^2$
- součinitel expozice (typ krajiny normální): $C_e = 1$
- tepelný součinitel: $C_t = 1$

Zatížení nenavátým sněhem

Tvarový součinitel při nenavátém sněhu je $\mu_1 = 0,8$. Viz obrázek 18.

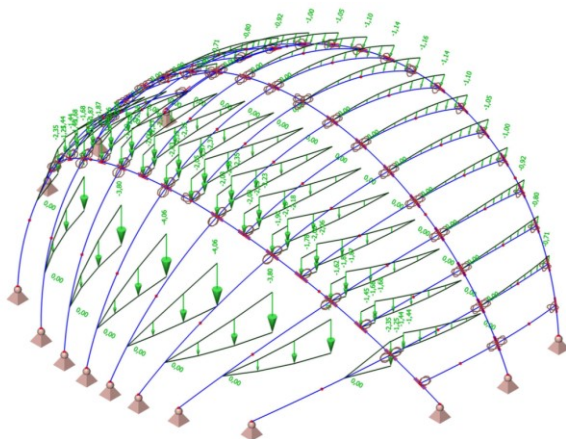
$$s_{k,1} = s_k \cdot C_e \cdot C_t \cdot \mu_1 = 1,5 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 0,8 = 1,2 \text{ kN/m}^2$$

Zatížení navátým sněhem

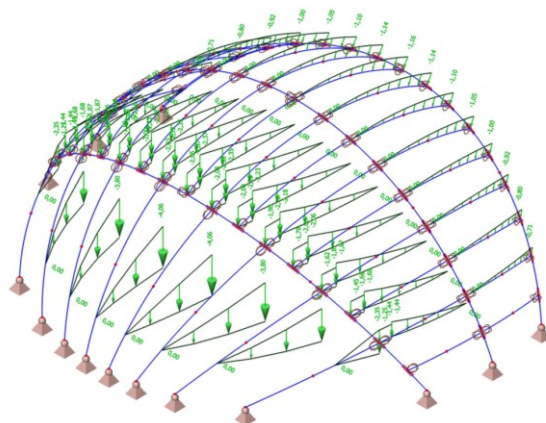
Tvarový součinitel při navátém sněhu pro úhel větší než 60° je $\mu_3 = 0$, pro úhel menší než 60° je $\mu_3 = 0,2 + 10 \cdot h/b = 0,2 + 10 \cdot 3,6/11,03 = 3,46$. Doporučená horní hodnota dle [9] je $\mu_3 = 2$. Viz obrázek 19 a 20.

$$s_{k,3} = s_k \cdot C_e \cdot C_t \cdot \mu_3 = 1,5 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 2 = 3 \text{ kN/m}^2$$

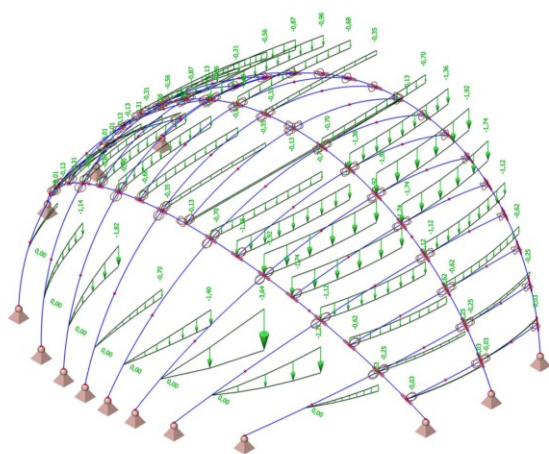
$$0,5s_{k,3} = 1,5 \text{ kN/m}^2$$



Obrázek 18: Nenavátý sníh



Obrázek 19: Navátý sníh příčně



Obrázek 20: Navátý sníh podélně

5.4. Zatížení větrem

Objekt spadá do II. větrné oblasti (Frýdek-Místek). Výpočet byl proveden podle normy ČSN EN 1991-1-4 [9] podle kapitoly 7.3 *Přístřešky*. Stupeň uzavření ϕ je roven jedné. Pro návrh hlavní nosné konstrukce byl použit součinitel celkové síly c_f , který vyjadřuje výslednou sílu na celou konstrukci. Pro návrh krokví byl použit součinitel výsledného tlaku $c_{p,net}$, který představuje maximální místní tlak pro všechny směry větru. Hodnoty všech součinitelů byly vzaty pro sedlovou střechu se sklonem +30 stupňů. V těchto součinitelech je zahrnut tlak působící na vnější i vnitřní povrch konstrukce. Zatížení bylo uspořádané buď na celou plochu střechy (viz obrázky 23 až 26) nebo jen na jednu polovinu. Pro přesnější určení součinitelů tlaku by se udělala zkouška ve větrném tunelu.

Vstupní údaje

- výchozí základní rychlost větru (II. větrná oblast): $v_{b,0} = 25 \text{ m/s}$
- součinitel směru větru: $C_{dir} = 1,0$
- součinitel ročního období: $C_{season} = 1,0$
- referenční výška: $h = z_e = z = 4,25 \text{ m}$
- kategorie terénu: II. $\Rightarrow z_0 = 0,05 \text{ m}; z_{min} = 2 \text{ m}$

Výpočet

- základní rychlost větru:

$$v_b = C_{dir} \cdot C_{season} \cdot v_{b,0} = 1 \cdot 1 \cdot 25 = 25 \text{ m/s}$$

- součinitel drsnosti:

$$k_r = 0,19 \cdot \left(\frac{z_0}{z_{0,II}} \right)^{0,07} = 0,19 \cdot \left(\frac{0,05}{0,05} \right)^{0,07} = 0,19$$

$$c_r(z) = k_r \cdot \ln \frac{z}{z_0} = 0,19 \cdot \ln \frac{4,25}{0,05} = 0,844$$

- součinitel ortografie:

$$c_0(z) = 1,0$$

- střední rychlost větru:

$$v_m(z) = c_r(z) \cdot c_0(z) \cdot v_b = 0,844 \cdot 1,0 \cdot 25 = 21,1 \text{ m/s}$$

- intenzita turbulence:

$$I_v(z) = \frac{k_I}{c_0(z) \cdot \ln \frac{z}{z_0}} = \frac{1,0}{1,0 \cdot \ln \frac{4,25}{0,05}} = 0,225$$

- charakteristický maximální dynamický tlak:

$$q_p(z) = [1 + 7 \cdot I_v(z)] \cdot 1/2 \cdot \rho \cdot v_m^2(z) = [1 + 7 \cdot 0,225] \cdot 1/2 \cdot 1,25 \cdot 21,1^2 = \mathbf{717 \text{ N/m}^2}$$

- výsledný tlak pro návrh nosné konstrukce:

$$c_f^+ = +0,9$$

$$c_f^- = -1,3$$

$$w_k^+ = q_p(z) \cdot c_f^+ = 0,717 \cdot 0,9 = \mathbf{0,7 \text{ kN/m}^2}$$

$$w_k^- = q_p(z) \cdot c_f^- = 0,717 \cdot -1,3 = \mathbf{-0,9 \text{ kN/m}^2}$$

- výsledný tlak pro návrh střešní konstrukce:

$$c_{p,net}^{A+} = 1,3$$

$$c_{p,net}^{A-} = -1,4$$

$$c_{p,net}^{B+} = 1,9$$

$$c_{p,net}^{B-} = -1,8$$

$$c_{p,net}^{C+} = 1,6$$

$$c_{p,net}^{C-} = -1,4$$

$$c_{p,net}^{D+} = 0,7$$

$$c_{p,net}^{D-} = -2$$

$$w_k^{A+} = q_p(z) \cdot c_{p,net}^{A+} = 0,717 \cdot 1,3 = \mathbf{0,9 \text{ kN/m}^2}$$

$$w_k^{A-} = q_p(z) \cdot c_{p,net}^{A-} = 0,717 \cdot -1,4 = \mathbf{-1 \text{ kN/m}^2}$$

$$w_k^{B+} = q_p(z) \cdot c_{p,net}^{B+} = 0,717 \cdot 1,9 = \mathbf{1,4 \text{ kN/m}^2}$$

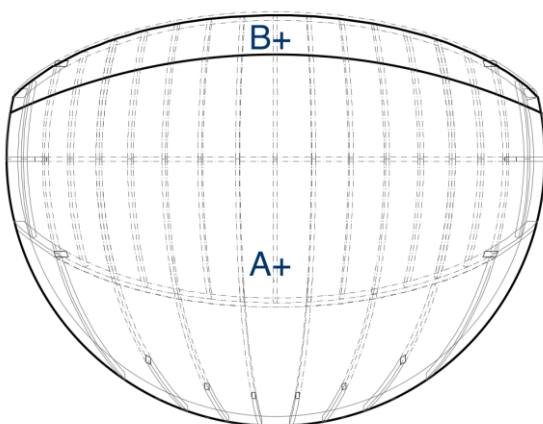
$$w_k^{B-} = q_p(z) \cdot c_{p,net}^{B-} = 0,717 \cdot -1,8 = \mathbf{-1,3 \text{ kN/m}^2}$$

$$w_k^{C+} = q_p(z) \cdot c_{p,net}^{C+} = 0,717 \cdot 1,6 = \mathbf{1,2 \text{ kN/m}^2}$$

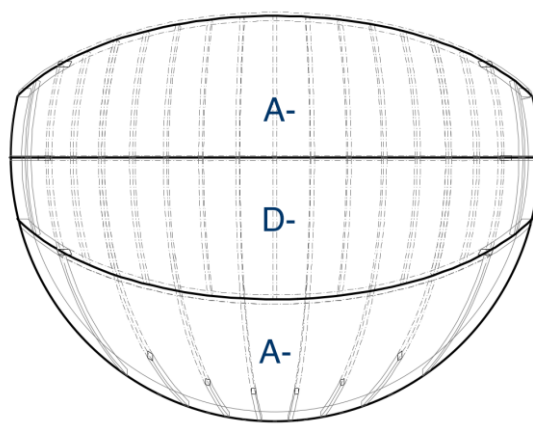
$$w_k^{C-} = q_p(z) \cdot c_{p,net}^{C-} = 0,717 \cdot -1,4 = \mathbf{-1 \text{ kN/m}^2}$$

$$w_k^{D+} = q_p(z) \cdot c_{p,net}^{D+} = 0,717 \cdot 0,7 = \mathbf{0,5 \text{ kN/m}^2}$$

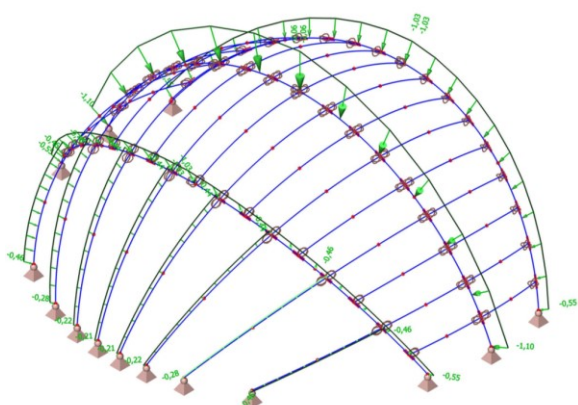
$$w_k^{D-} = q_p(z) \cdot c_{p,net}^{D-} = 0,717 \cdot -2 = \mathbf{-1,4 \text{ kN/m}^2}$$



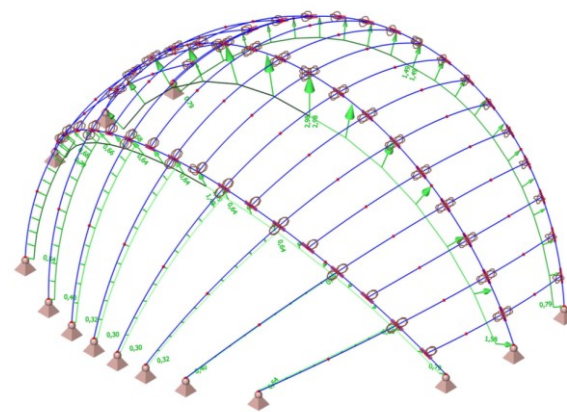
Obrázek 21: Kladný vítr



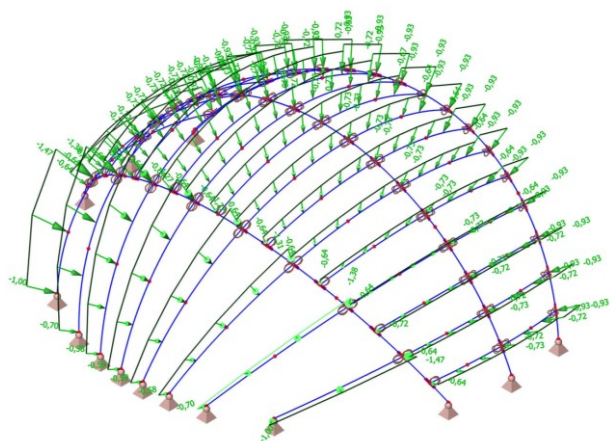
Obrázek 22: Záporný vítr



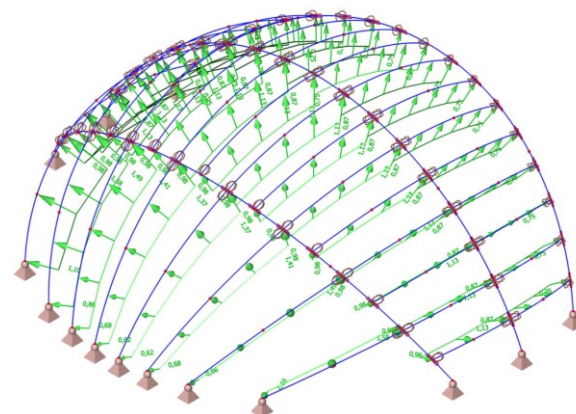
Obrázek 23: Kladný vítr na nosnou konstrukci



Obrázek 24: Záporný vítr na nosnou konstrukci



Obrázek 25: Kladný vítr na střešní konstrukci



Obrázek 26: Záporný vítr na střešní konstrukci

5.5. Zatěžovací stavy

Celkem bylo vytvořeno 10 zatěžovacích stavů (viz tab. 1). Skupina zatížení sních a skupina zatížení vítr jsou ve výběrném vztahu. To znamená, že v jedné skupině se nemohou zatížení spolu navzájem kombinovat.

Tabulka 1: Zatěžovací stavy

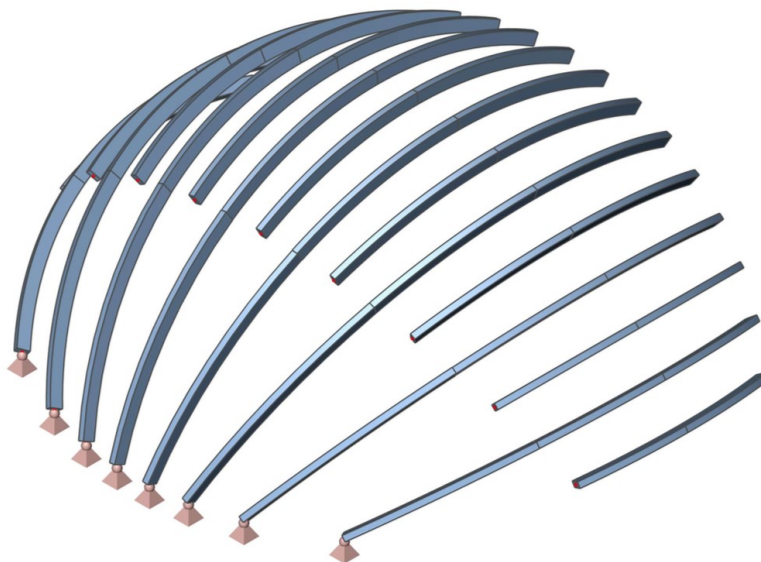
Označení	typ zatížení	Popis
ZS1	Stálé	Vlastní tíha
Sníh		
ZS2	Proměnné	Nenavátý
ZS3	Proměnné	Navátý podélně
ZS4	Proměnné	Navátý příčně
Vítr		
ZS5	Proměnné	Kladný po celé ploše
ZS6	Proměnné	Kladný na 1/2
ZS7	Proměnné	Záporný po celé ploše
ZS8	Proměnné	Záporný na 1/2
ZS9	Proměnné	Kladný na střešní konstrukci
ZS10	Proměnné	Záporný na střešní konstrukci

6. Návrh a posouzení prvků varianty B

V této části práce byla provedena analýza konstrukce v programu Scia Engineer 18.1 [10]. Dále byly vybrány prvky s maximálními vnitřními silami a na dané nejhorší kombinace zatížení byly navrženy a posouzeny krokve, obloukové nosníky, latě a skleněné tabule. Posudek byl proveden pro mezní stav únosnosti a mezní stav použitelnosti podle ČSN EN 1995-1-1. [12].

6.1 Krokve

Posudek byl proveden dvakrát: na vnitřní síly s maximálním ohybovým momentem ve směru kolmém na osu „y“ zároveň s maximální posouvací silou a s maximálním ohybovým momentem ve směru kolmém na osu „z“. K těmto silám jsou přiřazeny příslušné hodnoty zbývajících vnitřních sil. Zatížení větrem na krokve byly uvažovány zatěžovací stavy ZS9 a ZS10, které představují maximální místní tlak na střešní konstrukci. Krokev byla posouzena na smyk a na kombinaci dvojsoého ohybu a vzpěrného tlaku. Krokev je bráněna proti vybočení při horním povrchu ve směru osy „y“ celoplošným bedněním, případně skleněnou krytinou. Krokev tedy může vybočit pouze ve směru kolmém na osu „y“. Krokve jsou kloubově uložené na obou koncích. Návrh průřezu krokev je 100x180 mm.



Obrázek 27: Krokve altánu varianty B

Vnitřní síly:

- Kombinace zatížení C10 = $1,35 \cdot ZS1 + 1,5 \cdot ZS3 + 0,9 \cdot ZS9$
 - $M_{y,Ed,max} = 3,84 \text{ kNm}$
 - $M_{z,Ed} = 1,1 \text{ kNm}$
 - $N_{Ed} = -0,48 \text{ kN}$
 - $L_{cr,y} = 2\,829 \text{ mm}$
 - $V_{Ed,max} = 5,3 \text{ kN}$
- Kombinace zatížení C11 = $1,35 \cdot ZS1 + 1,5 \cdot ZS4 + 0,9 \cdot ZS10$
 - $M_{y,Ed} = -1,08 \text{ kNm}$
 - $M_{z,Ed,max} = 1,82 \text{ kNm}$
 - $N_{Ed} = -4,25 \text{ kN}$
 - $L_{cr,y} = 3\,608 \text{ mm}$

Průřezové charakteristiky – **kroky 100x180 mm:**

- $A = 18\,000 \text{ mm}^2$
- $W_y = 540\,000 \text{ mm}^3$
- $i_y = 51,96 \text{ mm}$
- $W_z = 300\,000 \text{ mm}^3$
- $i_z = 28,87 \text{ mm}$

Posouzení MSÚ na kombinaci dvojsového ohybu a vzpěrného tlaku - kombinace C10

- výpočet součinitele vzpěrnosti

$$\lambda_y = \frac{L_{cr}}{i_y} = \frac{2\,829}{51,96} = 54,44$$

$$\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{54,44}{\pi} \sqrt{\frac{24}{8\,800}} = 0,91$$

$$k_y = 0,5[1 + \beta_c(\lambda_{rel,y} - 0,3) + \lambda_{rel,y}^2] = 0,5[1 + 0,1(0,91 - 0,3) + 0,91^2] =$$

$$k_y = 0,94$$

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} = \frac{1}{0,94 + \sqrt{0,94^2 - 0,91^2}} = 0,838$$

- výpočet napětí

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{Ed}}{A} = \frac{480}{0,1 \cdot 0,18} = 0,027 \text{ MPa}$$

$$\alpha_{ap} = 0 \Rightarrow k_1 = 1; k_2 = 0,35; k_3 = 0,6; k_4 = 0$$

$$k_l = k_1 + k_2 \left(\frac{h}{r}\right) + k_3 \left(\frac{h}{r}\right)^2 + k_4 \left(\frac{h}{r}\right)^3 = 1 + 0,35 \left(\frac{180}{6050}\right) + 0,6 \left(\frac{180}{6050}\right)^2 = 1,011$$

$$\sigma_{m,y,d} = k_l \frac{M_{y,Ed}}{W_y} = 1,011 \cdot \frac{3\,840}{\frac{1}{6} \cdot 0,1 \cdot 0,18^2} = 7,19 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d} = k_l \frac{M_{z,Ed}}{W_z} = 1,011 \cdot \frac{1\,100}{\frac{1}{6} \cdot 0,18 \cdot 0,1^2} = 3,71 \text{ MPa}$$

- posouzení

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\frac{0,027}{0,838 \cdot 13,44} + \frac{7,19}{13,44} + 0,7 \frac{3,71}{13,44} \leq 1 \Rightarrow \mathbf{0,74 \leq 1} \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \Rightarrow \mathbf{0,66 \leq 1} \quad \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení MSÚ na smyk - kombinace C10

$$A_{ef} = k_{cr} \cdot b \cdot h = 0,67 \cdot 100 \cdot 180 = 12\,060 \text{ mm}^2$$

$$\tau_{v,d} = \frac{3}{2} \frac{V_{Ed}}{A_{ef}} = \frac{3}{2} \cdot \frac{5\,300}{12\,060} = \mathbf{0,66 \text{ MPa}} < f_{v,d} = \mathbf{1,57 \text{ MPa}}$$

VYHOVUJE

Posouzení MSÚ na kombinaci dvojosého ohybu a vzpěrného tlaku - kombinace C11

- výpočet součinitele vzpěrnosti

$$\lambda_y = \frac{L_{cr}}{i_y} = \frac{3\,608}{51,96} = 69,44$$

$$\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{69,44}{\pi} \sqrt{\frac{24}{8\,800}} = 1,15$$

$$k_y = 0,5[1 + \beta_c(\lambda_{rel,y} - 0,3) + \lambda_{rel,y}^2] = 1,21$$

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} = \frac{1}{1,21 + \sqrt{1,21^2 - 1,15^2}} = 0,638$$

- výpočet napětí

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{Ed}}{A} = \frac{4250}{0,1 \cdot 0,18} = 0,236 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,y,d} = k_l \frac{M_{y,Ed}}{W_y} = 1,011 \cdot \frac{1\,080}{\frac{1}{6} \cdot 0,1 \cdot 0,18^2} = 2,02 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d} = k_l \frac{M_{z,Ed}}{W_z} = 1,011 \cdot \frac{1\,820}{\frac{1}{6} \cdot 0,1 \cdot 0,18^2} = 6,13 \text{ MPa}$$

- posouzení

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \Rightarrow \mathbf{0,5 \leq 1} \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \Rightarrow \mathbf{0,59 \leq 1} \quad \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení pro mezní stav použitelnosti - kombinace C11

- okamžitý průhyb

$$w_{inst,G} = 1,7 \text{ mm}$$

$$w_{inst,S} = 8,6 \text{ mm}$$

$$w_{inst,W} = 1 \text{ mm}$$

$$w_{inst} = w_{inst,G} + w_{inst,S} + \psi_{0,W} \cdot w_{inst,W} = 1,7 + 8,6 + 0,6 \cdot 1 = \mathbf{10,9 \text{ mm}} < L/300 = \mathbf{12 \text{ mm}}$$

VYHOVUJE

- konečný průhyb (3. třída provozu: $k_{def} = 2$)

$$w_{fin,G} = w_{inst,G} (1 + k_{def}) = 1,7 \cdot (1 + 2) = 5,1 \text{ mm}$$

$$w_{fin,S} = w_{inst,S} (1 + \psi_{2,S} \cdot k_{def}) = 8,6 \cdot (1 + 0 \cdot 2) = 8,6 \text{ mm}$$

$$w_{fin,W} = w_{inst,W} (\psi_{0,W} + \psi_{2,W} \cdot k_{def}) = 8,6 \cdot (0,6 + 0 \cdot 2) = 0,6 \text{ mm}$$

$$w_{fin} = w_{fin,G} + w_{fin,S} + w_{fin,W} = 5,1 + 8,6 + 0,6 = \mathbf{14,3 \text{ mm}} < L/250 = \mathbf{14,43 \text{ mm}}$$

VYHOVUJE

6.2 Oblouk

Posudek byl proveden na dvě kombinace zatížení. V první kombinaci pro středový nosník vychází vnitřní síly s maximálním ohybovým momentem ve směru kolmém na osu „y“ a zároveň s maximální posouvací silou. Pro krajní nosník pro tuto kombinaci vychází vnitřní síly s maximálním ohybovým momentem ve směru kolmém na osu „z“. V druhé kombinaci zatížení vychází maximální normálové síly. K těmto silám jsou přiřazeny příslušné hodnoty zbývajících vnitřních sil. Zatížení větrem na nosníky byly uvažovány zatěžovací stavy ZS5 až ZS8, které představují výslednou sílu na konstrukci.

Nosníky byly posouzeny na smyk a na kombinaci dvojosého ohybu a vzpěrného tlaku. Nosníky jsou bráněny proti vybočení ze směru osy „y“ krokve. Nosníky mohou tedy vybočit pouze ve směru kolmém na osu „y“. Nosníky jsou kloubově uloženy na obou koncích. Návrh průřezu nosníků je 140x280 mm.



Obrázek 28: Obloukové nosníky

Vnitřní síly:

- Středový nosník, kombinace zatížení $C18 = 1,35 \cdot ZS1 + 1,5 \cdot ZS3 + 0,9 \cdot ZS8$
 - $M_{y,Ed,max} = -16,67 \text{ kNm}$
 - $M_{z,Ed} = -0,76 \text{ kNm}$
 - $N_{Ed} = -31,78 \text{ kN}$
 - $L_{cr,y} = 8\,691 \text{ mm}$
 - $V_{Ed,max} = 15,27 \text{ kN}$
- Krajní nosník, kombinace zatížení $C18 = 1,35 \cdot ZS1 + 1,5 \cdot ZS3 + 0,9 \cdot ZS8$
 - $M_{y,Ed} = 7,49 \text{ kNm}$

- $M_{z,Ed,max} = -3,39 \text{ kNm}$
- $N_{Ed} = -10,74 \text{ kN}$
- $L_{cr,y} = 8\,036 \text{ mm}$
- Krajní nosník, kombinace zatížení $C13 = 1,35 \cdot ZS1 + 1,5 \cdot ZS4 + 0,9 \cdot ZS5$
 - $M_{y,Ed} = -4 \text{ kNm}$
 - $M_{z,Ed} = 0,56 \text{ kNm}$
 - $N_{Ed,max} = -55,47 \text{ kN}$
 - $L_{cr,y} = 8\,036 \text{ mm}$

Průřezové charakteristiky – nosník 140x280 mm:

- $A = 39\,200 \text{ mm}^2$
- $W_y = 1\,829\,333 \text{ mm}^3$
- $i_y = 80,83 \text{ mm}$
- $W_z = 914\,667 \text{ mm}^3$
- $i_z = 40,42 \text{ mm}$

Posouzení MSÚ na kombinaci dvojosého ohybu a vzpěrného tlaku – středový nosník, kombinace C18

- výpočet součinitele vzpěrnosti

$$\lambda_y = \frac{L_{cr}}{i_y} = \frac{8691}{80,83} = 107,53$$

$$\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{107,53}{\pi} \sqrt{\frac{24}{8\,800}} = 1,79$$

$$k_y = 0,5[1 + \beta_c(\lambda_{rel,y} - 0,3) + \lambda_{rel,y}^2] = 0,5[1 + 0,1(1,79 - 0,3) + 1,79^2] =$$

$$k_y = 2,17$$

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} = \frac{1}{2,17 + \sqrt{2,17^2 - 1,79^2}} = 0,294$$

- výpočet napětí

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{Ed}}{A} = 0,81 \text{ MPa}$$

$$\alpha_{ap} = 0 \Rightarrow k_1 = 1; k_2 = 0,35; k_3 = 0,6; k_4 = 0$$

$$k_l = k_1 + k_2 \left(\frac{h}{r}\right) + k_3 \left(\frac{h}{r}\right)^2 + k_4 \left(\frac{h}{r}\right)^3 = 1 + 0,35 \left(\frac{280}{6000}\right) + 0,6 \left(\frac{280}{6000}\right)^2 = 1,018$$

$$\sigma_{m,y,d} = k_l \frac{M_{y,Ed}}{W_y} = 9,27 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d} = k_l \frac{M_{z,Ed}}{W_z} = 0,85 \text{ MPa}$$

- posouzení

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\frac{0,86}{0,294 \cdot 13,44} + \frac{9,27}{13,44} + 0,7 \frac{1,06}{13,44} \leq 1 \Rightarrow \mathbf{0,94 \leq 1} \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \Rightarrow \mathbf{0,75 \leq 1} \quad \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení MSÚ na smyk – střední nosník, kombinace C18

$$A_{ef} = k_{cr} \cdot b \cdot h = 0,67 \cdot 140 \cdot 280 = 26\,264 \text{ mm}^2$$

$$\tau_{v,d} = \frac{3}{2} \frac{V_{Ed}}{A_{ef}} = \frac{3}{2} \cdot \frac{15\,270}{26\,264} = \mathbf{0,87 \text{ MPa}} < f_{v,d} = \mathbf{1,57 \text{ MPa}}$$

VYHOVUJE

Posouzení MSÚ na kombinaci dvojsoého ohybu a vzpěrného tlaku – krajní nosník, kombinace C18

- výpočet součinitele vzpěrnosti

$$\lambda_y = \frac{L_{cr}}{i_y} = \frac{8036}{80,83} = 99,42$$

$$\lambda_{rel,y} = 1,65; k_y = 1,93; k_{c,y} = 0,341$$

- výpočet napětí

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{Ed}}{A} = 0,27 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,y,d} = k_l \frac{M_{y,Ed}}{W_y} = 4,17 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d} = k_l \frac{M_{z,Ed}}{W_z} = 3,77 \text{ MPa}$$

- posouzení

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y}f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \Rightarrow 0,57 \leq 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y}f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \Rightarrow 0,56 \leq 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení MSÚ na kombinaci dvojosého ohybu a vzpěrného tlaku – krajní nosník, kombinace C13

- výpočet součinitele vzpěrnosti

$$\lambda_y = \frac{L_{cr}}{i_y} = \frac{8036}{80,83} = 99,42$$

$$\lambda_{rel,y} = 1,65; k_y = 1,93; k_{c,y} = 0,341$$

- výpočet napětí

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{Ed}}{A} = 1,42 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,y,d} = k_l \frac{M_{y,Ed}}{W_y} = 2,23 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d} = k_l \frac{M_{z,Ed}}{W_z} = 0,62 \text{ MPa}$$

- posouzení

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y}f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \Rightarrow 0,51 \leq 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y}f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \Rightarrow 0,47 \leq 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení pro mezní stav použitelnosti - kombinace C18

- okamžitý průhyb

$$w_{inst,G} = 1,4 \text{ mm}$$

$$w_{inst,S} = 12,5 \text{ mm}$$

$$w_{inst,W} = 12,1 \text{ mm}$$

$$w_{inst} = w_{inst,G} + w_{inst,S} + \psi_{0,W} \cdot w_{inst,W} = 1,4 + 12,5 + 0,6 \cdot 12,1 = 21,2 \text{ mm}$$

$$= 21,3 \text{ mm} < L/300 = 36,7 \text{ mm} \quad \text{VYHOVUJE}$$

- konečný průhyb (3. třída provozu: $k_{\text{def}} = 2$)

$$w_{\text{fin,G}} = w_{\text{inst,G}} (1 + k_{\text{def}}) = 1,4 \cdot (1 + 2) = 4,2 \text{ mm}$$

$$w_{\text{fin,S}} = w_{\text{inst,S}} (1 + \psi_{2,S} \cdot k_{\text{def}}) = 12,5 \cdot (1 + 0 \cdot 2) = 12,5 \text{ mm}$$

$$w_{\text{fin,W}} = w_{\text{inst,W}} (\psi_{0,W} + \psi_{2,W} \cdot k_{\text{def}}) = 12,1 \cdot (0,6 + 0 \cdot 2) = 7,3 \text{ mm}$$

$$w_{\text{fin}} = w_{\text{fin,G}} + w_{\text{fin,S}} + w_{\text{fin,W}} = 5,1 + 8,6 + 0,6 = \mathbf{24 \text{ mm}} < L/250 = \mathbf{44 \text{ mm}}$$

VYHOVUJE

6.3 Latě

Latě přenáší zatížení ze skleněné střechy na krokve. Jsou navrženy z rostlého dřeva třídy C24 o šířce 80 mm a výšce 60 mm. Osová vzdálenost latí je 0,8 m. Jsou namáhané na prostý dvojosý ohyb, kde ke klopení nedochází. Latě jsou připevněné ke krokvím pomocí vrutu $\varnothing 8 \times 120 \text{ mm}$, třídy 4.8. Latě jsou navrženy na tyto maximální vnitřní síly:

- kombinace zatížení $= 1,35 \cdot ZS1 + 1,5 \cdot ZS4 + 0,9 \cdot ZS9$
 - $M_{y,Ed,max} = 0,37 \text{ kNm}$
 - $M_{z,Ed,max} = 0,43 \text{ kNm}$
 - $L_{cr,y} = 1\,280 \text{ mm}$

Průřezové charakteristiky – průřez **80x60 mm**:

- $A = 4\,800 \text{ mm}^2$
- $W_y = 48\,000 \text{ mm}^3$
- $W_z = 64\,000 \text{ mm}^3$

Posouzení MSÚ na kombinaci dvojosého ohybu

- výpočet napětí

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,Ed}}{W_y} = \frac{370\,000}{48\,000} = 7,7 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{z,Ed}}{W_z} = \frac{430\,000}{64\,000} = 6,7 \text{ MPa}$$

- posouzení

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \Rightarrow \mathbf{0,92 \leq 1}$$

VYHOVUJE

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \Rightarrow 0,90 \leq 1$$

VYHOVUJE

Posouzení pro mezní stav použitelnosti

- okamžitý průhyb

$$w_{inst,G} = 0,2 \text{ mm}$$

$$w_{inst,S} = 1,3 \text{ mm}$$

$$w_{inst,W} = 0,8 \text{ mm}$$

$$w_{inst} = w_{inst,G} + w_{inst,S} + \psi_{0,W} \cdot w_{inst,W} = 0,2 + 1,3 + 0,6 \cdot 0,8 = 2 \text{ mm} \leq L/300 = 4,3 \text{ mm}$$

VYHOVUJE

- konečný průhyb (3. třída provozu: $k_{def} = 2$)

$$w_{fin,G} = w_{inst,G} (1 + k_{def}) = 0,2 \cdot (1 + 2) = 0,6 \text{ mm}$$

$$w_{fin,S} = w_{inst,S} (1 + \psi_{2,S} \cdot k_{def}) = 1,3 \cdot (1 + 0,2) = 1,3 \text{ mm}$$

$$w_{fin,W} = w_{inst,W} (\psi_{0,W} + \psi_{2,W} \cdot k_{def}) = 0,8 \cdot (0,6 + 0,2) = 0,5 \text{ mm}$$

$$w_{fin} = w_{fin,G} + w_{fin,S} + w_{fin,W} = 0,6 + 1,3 + 0,5 = 2,4 \text{ mm} < L/250 = 5,1 \text{ mm}$$

VYHOVUJE

6.4 Vrstvené sklo

Skleněná krytina nahrazuje plechovou krytinu za účelem prosvětlení altánu při zachování ochrany před větrem a deštěm. Je vyrobena z tepelně tvrzeného vrstveného skla. Skleněná tabule se skládá z dvou vrstev skla o tloušťce 5 mm. Mezi sklem je mezivrstva z polyvinyl butyralu (PVB) o tloušťce 0,76 mm. Celková tloušťka skla je 10,76 mm. Skleněná krytina se skládá ze skleněných tabulí o délce 0,8 m a proměnlivé šířce od 1390 mm do 640 mm. Jako nejhorší varianta zatížení tabule, při které dochází k největším napětím, je tabule umístěná v nejvyšším bodě uprostřed altánu při zatížení od navátého sněhu a kladného větru. Tabule je prostě uložena na dvou koncích. Pro výpočet se tabule uvažovala jako prostý nosník o šířce 1 metr. Výpočet momentů a průhybu byl proveden v programu Scia Engineer [10]. Zjednodušený výpočet byl proveden podle evropské normy prEN 16612[12].

Vstupní údaje

- pevnost plaveného skla: $f_{g,k} = 45 \text{ MPa}$
- pevnost plaveného tepelně tvrzeného sklo: $f_{b,k} = 120 \text{ MPa}$
- horizontální způsob výroby skla: $k_v = 1$
- převažující zatížení = sníh = střednědobé zatížení: $k_{mod} = 0,44$
- plavené sklo (nepískovaný povrch): $k_{sp} = 1$
- rozměry desky: $b = 1\,000 \text{ mm}; l = 800 \text{ mm}$
- návrhová pevnost v ohybu pro plavené sklo:

$$f_{g,d} = \frac{k_{mod} k_{sp} f_{g,k}}{\gamma_{M,A}} + \frac{k_v (k_{b,k} - f_{g,k})}{\gamma_{M,v}} = \frac{0,44 \cdot 1 \cdot 45}{1,8} + \frac{1 \cdot (120 - 45)}{1,2} = 73,5 \text{ MPa}$$

Posudek skla

- účinná tloušťka skla

$$h_{ef,w} = \sqrt[3]{\sum_k h_k^3 + 12\omega(\sum_k h_k h_{m,k}^2)} = \sqrt[3]{(5^3 + 5^3) + 12 \cdot 0,3 \cdot (5 \cdot (\frac{5+0,76}{2})^2 \cdot 2)}$$

$$h_{ef,w} = 8,19 \text{ mm}$$

$$h_{ef,\sigma} = \sqrt{\frac{h_{ef,w}^3}{h_j + 2\omega h_{m,j}}} = \sqrt{\frac{8,19^3}{5 + 2 \cdot 0,3 \cdot (5+0,76)/2}} = 9,03 \text{ mm}$$

- posouzení MSÚ

$$W_y = \frac{1}{6} b \cdot h_{ef,\sigma}^2 = \frac{1}{6} 1000 \cdot 9,03^2 = 13\,590 \text{ mm}^3$$

$$M_{y,Ed} = 2,8 \cdot 10^5 \text{ Nmm}$$

$$\sigma = \frac{M_y}{W_y} = \frac{2,8 \cdot 10^5}{13\,590} = 20,6 \text{ Nmm}^{-2} < f_{g,d} = 73,5 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

- posouzení MSP

$$w = 3,3 \text{ mm} < w_{lim} = \frac{l}{200} = 4 \text{ mm} \quad \text{VYHOVUJE}$$

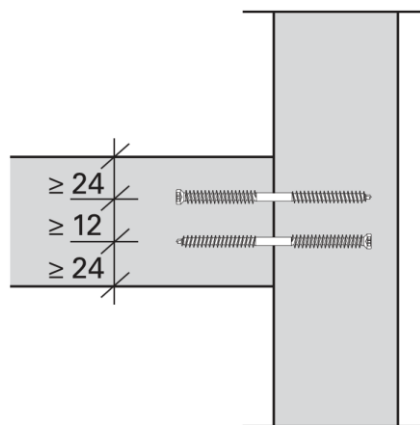
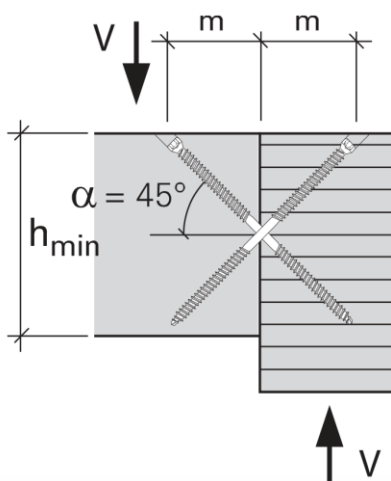
7. Návrh a posouzení spojů a kotvení varianty B

V této kapitole byly vybrány maximální reakce z již provedené analýzy konstrukce v programu Scia Engineer 18.1 [10]. Na tyto reakce byly navrženy a posouzeny spoje a kotvení zahradního altánu varianty B.

7.1 Spoj krokve s obloukovým nosníkem

Jako spojovací prostředky byly zvoleny samovrtné dvouzávitové vruty WT-T od firmy SFS Group CZ s.r.o. Hlavní výhodou těchto vrutů je spolehlivý přenos zatížení pouze přes závity a ne přes hlavu vrutu. Spoj je proto trvale únosný i při sesychání dřeva a může eliminovat vznik prasklin. Otvory se nepředvrtávají, proto montáž je velmi jednoduchá a rychlá. Díky tomu, že jsou vruty skryté ve dřevě, je zajištěna vyšší požární odolnost spoje než například u třmenů nebo úhelníků. Další významnou výhodou je, že vruty jsou vhodné pro prostorově šikmé přípoje nosných prvků. Protože u tohoto altánu je úhel přípoje pokaždé jiný, je použití třmenů a úhelníků jako spojovacích prostředků nevhodné. Dalším plusem je estetika spoje a to díky tomu, že vruty jsou skryté ve dřevě.

Vruty se vždy montují v páru kolmo proti sobě a to tak, aby bezzávitová část vrutu probíhala spojovací spárou (viz obr 29 a 30). Navržené vruty mají průměr 8,2 mm s délkou 220 mm. Jsou vyrobeny ze zušlechtěné oceli s ochranou proti korozi Durocoat. Statický návrh a posouzení je vypracováno podle technických datových listů od výrobce [14], které splňují normu ČSN EN 1995-1-1 [12].



Obrázek 29: Vruty WT, pohled shora [14] Obrázek 30: Vruty WT ve svislém řezu [14]

Vnitřní síly:

- Kombinace zatížení C10 = $1,35 \cdot ZS1 + 1,5 \cdot ZS3 + 0,9 \cdot ZS9$
 - $N_{Ed} = 0,71 \text{ kN}$
 - $V_{z,Ed,max} = 5,3 \text{ kN}$
 - $V_{y,Ed} = 1,47 \text{ kN}$
- Kombinace zatížení C12 = $1,35 \cdot ZS1 + 1,5 \cdot ZS4 + 0,9 \cdot ZS10$
 - $N_{Ed,max} = 1,33 \text{ kN}$
 - $V_{z,Ed} = 3,55 \text{ kN}$
 - $V_{y,Ed} = 0,7 \text{ kN}$

Návrh a posudek:

- Vruty **WT-T8,2x220**
 - $R_{1,k} = 14,8 \text{ kN}$
 - $R_{2,k} = 17,2 \text{ kN}$
- Návrhová únosnost vrutu

$$R_{V,d} = \min \left\{ \frac{R_{1,k} \cdot k_{mod}}{\frac{\gamma_{M1}}{R_{2,k}}}, \frac{R_{2,k}}{\gamma_{M2}} \right\} = \left\{ \frac{14,8 \cdot 0,7}{\frac{1,3}{17,2}}, \frac{17,2}{1,1} \right\} \{ \frac{8}{15,6} \} = 8 \text{ kN}$$

- Posudek

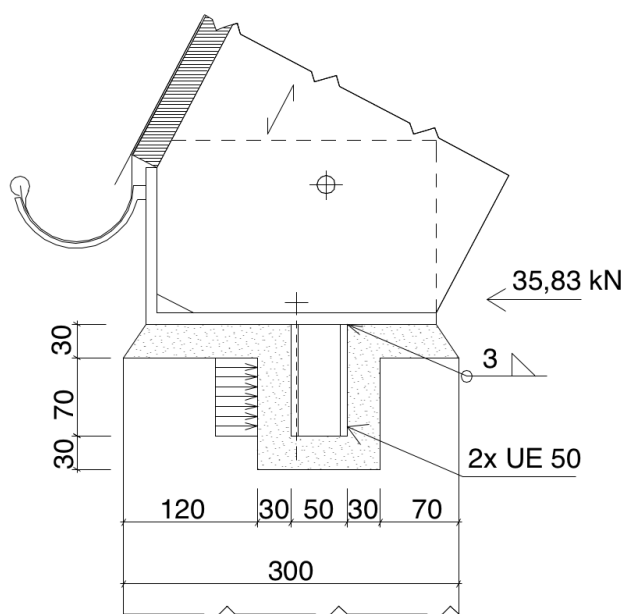
$$\sqrt{V_{z,Ed,max}^2 + V_{y,Ed}^2} = 5,5 \text{ kN} \leq R_{V,d} = 8 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}$$

7.2 Patka obloukových nosníků

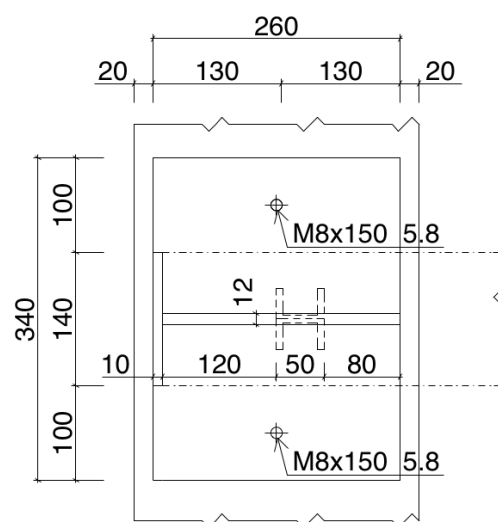
Na patce je posouzena únosnost ocelové patky, spoj patka-nosník, spoj patka-beton a posouzení nosníku na tlak. Maximální vnitřní síly v patce jsou:

- Tlačená patka C13 = $1,35 \cdot ZS1 + 1,5 \cdot ZS4 + 0,9 \cdot ZS5$
 - $R_{x,max} = 35,83 \text{ kN}$
 - $R_{y,max} = 19,49 \text{ kN}$
 - $R_z = 37,73 \text{ kN}$
- Tlačená patka C10 = $1,35 \cdot ZS1 + 1,5 \cdot ZS3 + 0,9 \cdot ZS5$
 - $R_{z,max} = 46,78 \text{ kN}$

- Tažená patka C65 = $1,0 \cdot ZS1 + 1,5 \cdot ZS7$
 - $R_x = -6,9 \text{ kN}$
 - $R_y = -0,04 \text{ kN}$
 - $R_{z,\min} = -13,86 \text{ kN}$



Obrázek 31: Boční pohled na patku



Obrázek 32: Půdorys patky nosníku

7.2.1 Posouzení nosníku na tlak

Vodorovné síly z nosníku na patku jsou přenášeny ocelovými zarážkami. Zatížení ve směru „x“ působí pod úhlem $62,2^\circ$ na směr vláken. Zatížení ve směru „y“ působí kolmo k vláknům. Svislé zatížení působí na patní plech pod úhlem $27,8^\circ$ k vláknům. Součinitel $k_{c,90}$ je ve všech případech 1,0.

- směr „x“ (kombinace zatížení C13):

$$A = 110 \cdot (140 - 12 - 2 \cdot 10) = 11\,880 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{c,62,d} = \frac{R_{x,max}}{A} = \frac{35\,830}{11\,880} = 3,02 \text{ MPa}$$

$$f_{c,62,d} = \frac{f_{c,0,d}}{\frac{f_{c,0,d}}{k_{c,90} \cdot f_{c,0,d}} \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha} = \frac{13,44}{\frac{13,44}{1 \cdot 3,08} \cdot \sin^2(62,2^\circ) + \cos^2(62,2^\circ)} =$$

$$= 3,7 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,62,d} = 3,02 \text{ MPa} \leq f_{c,62,d} = 3,7 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

- směr „y“ (kombinace zatížení C13):

$$A = 33\,350 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{c,90,d} = \frac{R_{x,max}}{A} = \frac{19\,490}{33\,350} = 0,58 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,90,d} = 0,58 \text{ MPa} \leq f_{c,90,d} = 3,08 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

- směr „z“ (kombinace zatížení C10):

$$A = 23\,760 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{c,28,d} = \frac{R_{x,max}}{A} = \frac{46\,780}{23\,760} = 1,97 \text{ MPa}$$

$$f_{c,28,d} = \frac{f_{c,0,d}}{\frac{f_{c,0,d}}{k_{c,90} \cdot f_{c,0,d}} \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha} = \frac{13,44}{\frac{13,44}{1 \cdot 3,08} \cdot \sin^2(27,8^\circ) + \cos^2(27,8^\circ)} =$$

$$= 7,76 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,28,d} = 1,97 \text{ MPa} \leq f_{c,28,d} = 7,76 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

7.2.2 Posouzení ocelové patky

Ocelová patka je vyrobena z ploché oceli třídy S355. Skládá se z patní desky, vnější svislé desky a svislé desky, která je schovaná uvnitř dřeva. První dvě desky jsou vyrobeny z tloušťky 10 mm, deska uvnitř dřeva je vyrobena z tloušťky 12 mm. Deska byla namodelována v programu Scia Engineer 18.1 [10] jako deskostěnová konstrukce, která byla následně příčně zatížená skutečnými silami v patce. Protože se jedná o jednoduchou malou konstrukci, byla zvolena lineární pružnostní analýza. Statické schéma a výsledky napětí jsou v příloze č.1. Posouzení je provedeno dle normy ČSN EN 1993-1-7 [15].

- Návrhové napětí $\sigma_{eq,Ed}$ musí splňovat v každém bodě tuto podmínku:

$$\sigma_{eq,Ed} \leq \sigma_{eq,Rd} \quad (1)$$

- $\sigma_{eq,Ed}$ a $\sigma_{eq,Rd}$ se vypočte:

$$\sigma_{eq,Ed} = \sqrt{\sigma_{x,Ed}^2 + \sigma_{y,Ed}^2 - \sigma_{x,Ed} \cdot \sigma_{y,Ed} + 3 \cdot \tau_{xy,Ed}^2} \quad (2)$$

$$\sigma_{eq,Rd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_{M0}} \quad (3)$$

Tabulka 2: Výpočet a posouzení ocelové patky

$\sigma_{x,Ed}$	$\sigma_{y,Ed}$	$\tau_{xy,Ed}$	$\sigma_{eq,Ed}$		$\sigma_{eq,Rd}$	
306,3	83,5	-30,8	279,4	<	355	VYHOVUJE
-316,5	-80,9	29,3	289,3	<	355	VYHOVUJE
84,5	327,5	-24,7	297,6	<	355	VYHOVUJE
-76,7	-267,8	39,3	248,4	<	355	VYHOVUJE

7.2.3 Posouzení spoje patka – nosník: svorníkový spoj

Největší síly ve spoji jsou vodorovné síly, které vznikají při tlaku na patku. Tyto síly přenáší ocelová zarážka. Síly, které vznikají při nadzvedávání konstrukce větrem (svislé i vodorovné), přenáší jeden svorník M18 4.8 (kombinace zatížení C13). Tím je také zajištěné volné pootáčení nosníku. Svorník prochází přes nosník ve kterém je uprostřed ocelová deska, proto se jedná o dvojstřížný spoj. Svorník má také funkci bránit rozštípnutí nosníku. Minimální rozteče jsou:

$$\alpha = 1,33^\circ$$

$$a_{3,t} = \max(7d; 80) = \max(126; 80) = 126 \text{ mm (zatížený konec)}$$

$$a_{4,t} = \max[(2 + 2 \sin \alpha)d; 3d] = \max(37; 54) = 54 \text{ mm (zatížený okraj)}$$

- charakteristická pevnost dřeva v otlacení

$$\alpha = 1,33^\circ$$

$$k_{90} = 1,35 + 0,015 \cdot d = 1,35 + 0,015 \cdot 18 = 1,62$$

$$f_{h,0,k} = 0,082(1 - 0,01 \cdot d)\rho_k = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 18) \cdot 380 = 25,55 \text{ MPa}$$

$$f_{h,\alpha,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha} = \frac{25,55}{1,62 \cdot \sin^2(1,33) + \cos^2(1,33)} = 25,54 \text{ MPa}$$

- plastický moment únosnosti svorníku

$$f_{u,k} = 400 \text{ MPa}$$

$$M_{y,Rk} = 0,3f_{u,k}d^{2,6} = 0,3 \cdot 400 \cdot 18^{2,6} = 220\,237 \text{ Nmm}$$

- charakteristická únosnost svorníku pro jeden stříh

$$t_1 = \frac{140 - 12}{2} = 64 \text{ mm}$$

$$F_{ax,Rk} = 0 \text{ kN (únosnost na vytažení svorníku je zanedbána na stranu bezpečnou)}$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{h,1,k} t_1 d \left(\sqrt{2 + \frac{4M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} \cdot d \cdot t_1^2}} - 1 \right) + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \\ 2,3 \cdot \sqrt{M_{y,Rk} \cdot f_{h,1,k} \cdot d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \end{array} \right\} = \begin{Bmatrix} 29,4 \\ 16,8 \\ 23,1 \end{Bmatrix} = 16,8 \text{ kN}$$

- návrhová únosnost dvojstřížného svorníku

$$F_{v,Rd} = k_{mod} \cdot \frac{F_{v,Rk}}{\gamma_M} \cdot 2 = 0,7 \cdot \frac{16,8}{1,25} \cdot 2 = 18,8 \text{ kN}$$

- posouzení

$$F_{v,Rd} \geq R_{max} = \sqrt{13,86^2 + 6,9^2} = 15,48$$

$$18,8 \geq 15,48$$

VYHOVUJE

7.2.4 Posouzení spoje patka – beton: patní zarážka

Patní zarážka přenáší pouze vodorovné síly. Zarážka je vyrobena ze dvou kusů UE 50 třídy S355, které jsou umístěny stojinami k sobě, nejsou však spolu spojeny. Zarážka má délku $l=70$ mm a šířku $b=64$ mm. Výška podlití je patky je 30 mm. Betonová zídka je z betonu třídy C20/25. Minimální délka zarážky se vypočte:

$$l_{min} = \frac{R_{x,max}}{b \cdot f_{c,d}} = \frac{35\,830}{45 \cdot 13,33} = 59,7 \text{ mm} < l_{skut} = 70 \text{ mm}$$

- Zatřídění průřezu

$$\text{Stojina: } \frac{d_1}{t_w} = \frac{22,8}{4,4} = 5,2 \leq 72\varepsilon = 72 \cdot 0,81 = 58,3$$

$$\text{Pásnice: } \frac{c}{t_f} = \frac{21,6}{7} = 3,1 \leq 9\varepsilon = 9 \cdot 0,81 = 7,3$$

=> Průřez třídy 1

- Únosnost 2xUE 50 (nejsou spojeny, působí samostatně)

$$M_{Rd,y} = 2 \cdot W_{pl,y} \cdot \frac{f_u}{\gamma_{M,0}} = 2 \cdot 11\,200 \cdot \frac{355}{1} = 7,95 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd,z} = 2 \cdot W_{pl,z} \cdot \frac{f_u}{\gamma_{M,0}} = 2 \cdot 5\,060 \cdot \frac{355}{1} = 3,59 \text{ kNm}$$

- Ohybové momenty od zatížení

$$M_{Ed,y} = R_{x,max} \cdot x = 35,83 \cdot 0,065 = 2,33 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed,z} = R_{y,max} \cdot x = 19,49 \cdot 0,065 = 1,27 \text{ kNm}$$

- Posouzení

$$\frac{M_{Ed,y}}{M_{Rd,y}} + \frac{M_{Ed,z}}{M_{Rd,z}} \leq 1 \Rightarrow \frac{2,33}{7,95} + \frac{1,27}{3,59} = \mathbf{0,65 \leq 1} \quad \text{VYHOVUJE}$$

7.2.6 Posouzení spoje patka – beton: kotevní šrouby

Kotevní šrouby přenáší pouze tahové síly, které vznikají při nadnášení konstrukce větrem. Byly navrženy kotevní šrouby 2x HIT-V 5.8 M8x150 od firmy Hilti ČR spol. s. r.o. Tyto šrouby se kotví do betonu pomocí chemických lepících hmot. Beton je z třídy pevnosti C20/25. Minimální návrhová únosnost šroubu v tahu je převzata z technických datových listů od výrobce [16] a je rovná $N_{Rd}=11,7$ kN.

$$N_{Rd} = 2 \cdot 11,7 = 23,4 \text{ kN} \geq N_{Ed} = 13,86 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}$$

7.2.5 Posouzení svaru zarážky

- návrh tloušťky svaru: $a = 3 \text{ mm}$

$$M_{y,Ed} = R_{x,max} \cdot e = 35\,830 \cdot 65 = 2,33 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

$$M_{z,Ed} = R_{y,max} \cdot e = 19\,430 \cdot 65 = 1,26 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

$$I_{y,w} = \frac{1}{12} \cdot 2(b+a) \cdot (h+2a)^3 - 2 \cdot \frac{1}{12} \cdot (b-t_w) \cdot (h-2a-2t_f)^3 - 2I_{y,UE50} = 4,4 \cdot 10^5 \text{ mm}^4$$

$$I_{z,w} = \frac{1}{12} \cdot (h+2a) \cdot (2b+2a)^3 - 2 \cdot \left[\frac{1}{12} \cdot (h-2a-2t_f) \cdot (b-t_w)^3 + (h-2a-2t_f) \cdot (b-t_w) \cdot \left(\frac{b-t_w}{2} + a + t_w \right)^2 \right] - 2[I_{z,UE50} + A_{UE50} \gamma_s^2] = 4,7 \cdot 10^5 \text{ mm}^4$$

- posouzení stojiny

$$\tau_{\parallel} = \frac{R_{x,max}}{A} = \frac{35\,830}{4 \cdot 3 \cdot 36} = 86,9 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{M_{y,Ed} \cdot z_1}{I_{y,w} \cdot \sqrt{2}} + \frac{M_{z,Ed} \cdot y_1}{I_{z,w} \cdot \sqrt{2}} = \frac{2,33 \cdot 10^6 \cdot 18}{4,4 \cdot 10^5 \cdot \sqrt{2}} + \frac{1,26 \cdot 10^6 \cdot 4,4}{4,7 \cdot 10^5 \cdot \sqrt{2}} = 75 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = 207,7 \text{ MPa} < \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M,2}} = 453,3 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = 75 \text{ MPa} < \frac{f_u}{\gamma_{M,2}} = 408 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

- posouzení pásnice

$$\tau_{\parallel} = \frac{R_{y,max}}{A} = \frac{19\,430}{4 \cdot 3 \cdot 128} = 50,6 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{M_{y,Ed} \cdot z_2}{I_{y,w} \cdot \sqrt{2}} + \frac{M_{z,Ed} \cdot y_2}{I_{z,w} \cdot \sqrt{2}} = \frac{2,33 \cdot 10^6 \cdot 28}{4,4 \cdot 10^5 \cdot \sqrt{2}} + \frac{1,26 \cdot 10^6 \cdot 35}{4,7 \cdot 10^5 \cdot \sqrt{2}} = 170 \text{ MPa}$$

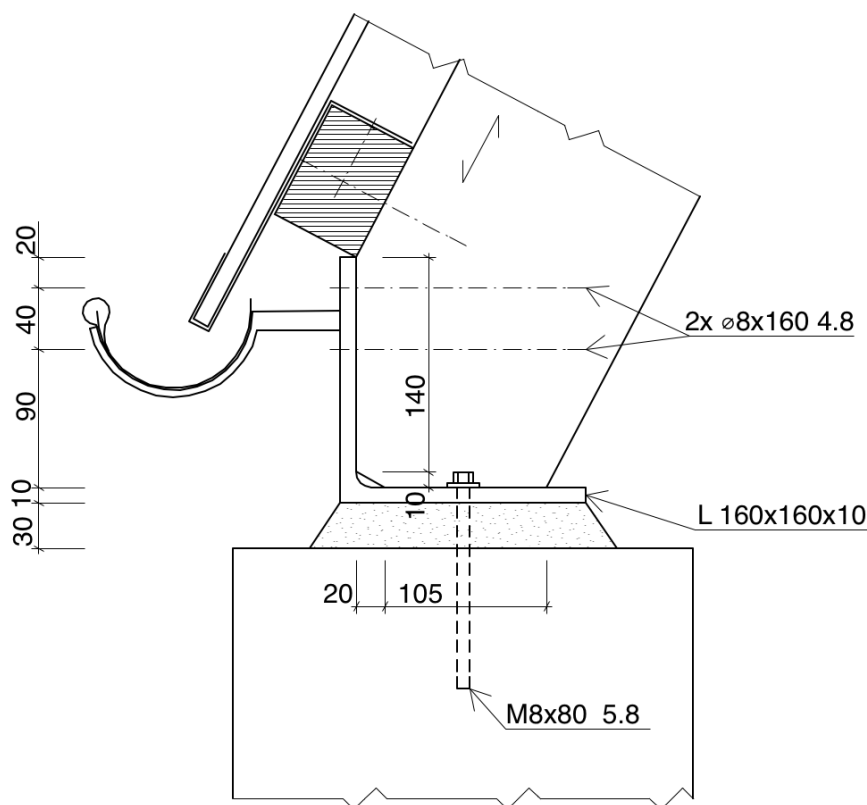
$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = 351,1 \text{ MPa} < \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M,2}} = 453,3 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = 170 \text{ MPa} < \frac{f_u}{\gamma_{M,2}} = 408 \text{ MPa}$$

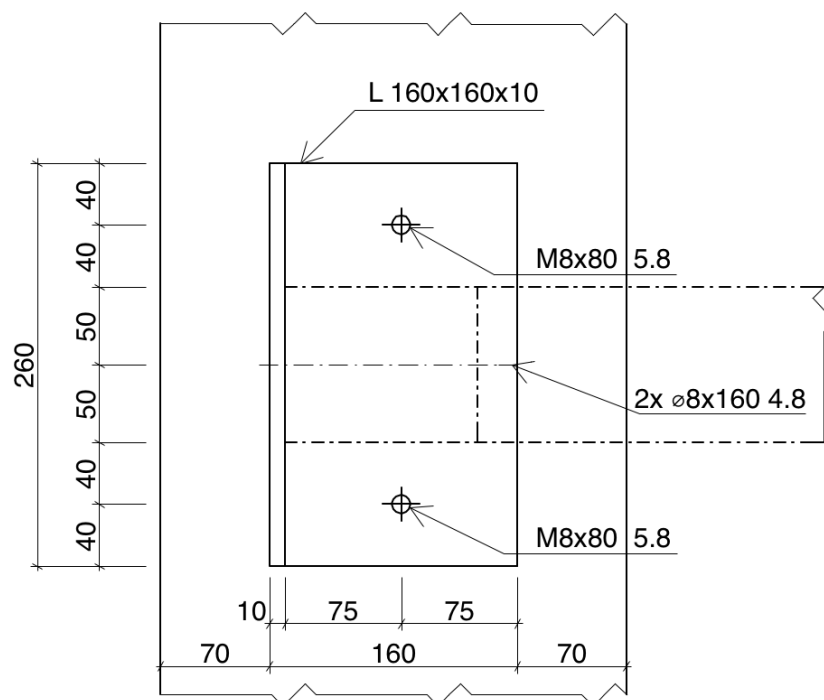
VYHOVUJE

7.3 Patka krokví

Krokve jsou uloženy na ocelový profil L 140x140x10 třídy S235. K němu jsou připojeny krokve pomocí dvou vrtů Ø 8 x 160 mm, třídy 4.8. Vlivem síly R_x a excentricky umístěné podepření vzniká ve spoji moment, který musí vruty přenést. Ocelový profil je přikotven do betonu pomocí kotevních šroubů 2x HIT-V 5.8 M8x150 od firmy Hilti ČR spol. s r.o.



Obrázek 33: Boční pohled na krokvní patku



Obrázek 34: Přídorys patky krokve

7.3.1 Posouzení spoje patka – krokve: vruty

Lokální vnitřní síly (přídorysně otočené o $35,66^\circ$ od globálního systému):

- Kombinace zatížení C21 = $1,0 \cdot ZS1 + 1,5 \cdot ZS3 + 0,9 \cdot ZS9$
 - $R_x = -3,2 \text{ kN}$
 - $R_{y,\max} = -2,88 - (R_{x,\max} \cdot 80) / 35 = -10,2 \text{ kN}$ (včetně momentu)
 - $R_z = -0,11 \text{ kN}$

Vytažení

- minimální rozteče
- $\alpha = 62,2^\circ$

$$a_1 = (4 + \cos \alpha) d = (4 + \cos 62,2) \cdot 8 = 36 \text{ mm}$$

$$a_2 = 4d = 32 \text{ mm}$$

$$a_{3,t} = \max(7d; 80) = \max(56; 80) = 80 \text{ mm} \text{ (zatížený konec)}$$

$$a_{4,t} = 3d = 24 \text{ mm} \text{ (nezatížený okraj)}$$
- charakteristická únosnost spoje na vytažení
$$l_{ef} = l - t_2 - 1,5d = 160 - 10 - 1,5 \cdot 8 = 138 \text{ mm}$$

$$n_{ef} = n^{0,9} = 2^{0,9} = 1,87$$

$$k_d = \min\left(\frac{d}{8}; 1\right) = \min(1; 1) = 1$$

$$f_{ax,k} = 0,52 \cdot d^{-0,5} \cdot l_{ef}^{-0,1} \cdot \rho_k^{0,8} = 0,52 \cdot 8^{-0,5} \cdot 138^{-0,1} \cdot 380^{0,8} = 13 \text{ MPa}$$

$$F_{ax,Rk} = \frac{n_{ef} \cdot f_{ax,k} \cdot d \cdot l_{ef} \cdot k_d}{1,2 \cdot \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha} = \frac{1,87 \cdot 13 \cdot 8 \cdot 138 \cdot 0,75}{1,2 \cdot \sin^2(62,2) + \cos^2(62,2)} = 25,7 \text{ kN}$$

- návrhová únosnost na vytažení jednoho vrutu

$$F_{ax,Rd} = k_{mod} \cdot \frac{F_{ax,Rk}}{\gamma_M} = 0,7 \cdot \frac{25,7}{1,25} = 14,4 \text{ kN} \geq F_{ax,Ed} = 10,2 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

- pevnost vrutu v tahu

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 \cdot f_{u,k} \cdot A_s}{\gamma_M} = \frac{0,9 \cdot 400 \cdot \pi \cdot 4^2}{1,25} \cdot 2 = 29 \text{ kN} \geq F_{ax,Ed} = 10,2 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

Střih

- plastický moment únosnosti vrutu

$$f_{u,k} = 400 \text{ MPa}$$

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d_{ef}^{2,6} = 0,3 \cdot 400 \cdot 8^{2,6} = 26\,743 \text{ Nmm}$$

- charakteristická pevnost dřeva v otlačení

$$f_{h,0,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 8) \cdot 380 = 28,7 \text{ MPa}$$

$$k_{90} = 1,35 + 0,015 \cdot d = 1,47 \text{ mm}$$

$$f_{h,\alpha,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha} = \frac{28,7}{1,47 \cdot \sin^2(62,2) + \cos^2(62,2)} = 21,96 \text{ MPa}$$

- charakteristická únosnost vrutu pro jeden střih

$$t_2 = 10 \text{ mm (tlustá deska)}$$

$$t_1 = l - t_2 - 1,5d = 120 - 10 - 1,5 \cdot 8 = 138 \text{ mm}$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{h,k} t_1 d \left(\sqrt{2 + \frac{4M_{y,Rk}}{f_{h,k} d t_1^2}} - 1 \right) + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \\ 2,3 \sqrt{M_{y,Rk} f_{h,k} d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \end{array} \right\} = \begin{Bmatrix} 23,1 \\ 13,1 \\ 8,1 \end{Bmatrix} = 8,1 \text{ kN}$$

- návrhová únosnost spoje na smyk

$$F_{v,Rd} = k_{mod} \cdot \frac{F_{v,Rk}}{\gamma_M} \cdot n = 0,7 \cdot \frac{8,1}{1,25} \cdot 2 = 9,1 \text{ kN} \geq F_{v,Ed} = 3,2 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

Posouzení na kombinaci tahu a stříhu

$$\left(\frac{F_{ax,Ed}}{F_{ax,Rd}}\right)^2 + \left(\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}}\right)^2 \leq 1$$

$$\left(\frac{9,53}{6,73}\right)^2 + \left(\frac{11,63}{3,2}\right)^2 = 0,87 \leq 1$$

VYHOVUJE

7.3.2 Posouzení ocelové patky na ohyb

Posouzení stěny patky na ohyb na maximální účinek zatížení kolmo na stěnu $R_{y,max} = 6,8 \text{ kN}$.

$$M_{Ed} = R_{y,max} \cdot \frac{h}{2} = 6,8 \cdot \frac{0,16}{2} = 0,544 \text{ kNm}$$

$$W_y = \frac{1}{6}bh^2 = \frac{1}{6} \cdot 0,1 \cdot 0,01^2 = 3 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$M_{Rd} = f_y \cdot W_y = 235 \cdot 3 \cdot 10^{-6} = 0,705 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} = 0,544 \leq M_{Rd} = 0,705 \text{ kNm}$$

VYHOVUJE

7.3.2 Posouzení spoje patka – beton: kotevní šrouby

Ocelový profil je přikotven k betonové zídce pomocí kotevních šroubu 2x HIT-V 5.8 M8x80. Tyto šrouby jsou kotveny do betonu třídy C20/25 pomocí chemických lepicích hmot. Návrhové hodnoty pevnosti šroubu jsou převzaty z technických datových listů od výrobce [16]:

- $N_{Rd} = 2 \cdot 11,7 = 23,4 \text{ kN}$
- $V_{Rd} = 2 \cdot 7,2 = 14,4 \text{ kN}$

Globální vnitřní síly:

- Kombinace zatížení C11 = $1,35 \cdot ZS1 + 1,5 \cdot ZS4 + 0,9 \cdot ZS10$
 - $R_{x,max} = 6,76 \text{ kN}$
 - $R_y = 0,77 \text{ kN}$
 - $R_z = 7,98 \text{ kN}$ (tlačena patka)

Posouzení:

$$V_{Ed} = \sqrt{R_x^2 + R_y^2} = \sqrt{6,76^2 + 0,77^2} = 6,8 \text{ kN} \leq V_{Rd} = 14,4 \text{ kN} \quad \textbf{VYHOVUJE}$$

8. Závěr

Cílem bakalářské práce bylo navrhnout dispoziční a konstrukční řešení altánu na bázi dřeva a následně posoudit jeho nosné prvky a spoje včetně ztužení a kotvení.

V úvodní části byla provedena stručná rešerše zahradních altánů. Dále bylo navrženo dispoziční řešení dvou zahradních altánů. Vizualizace navržených altánů byla provedena ve studentské verzi programu ArchiCAD 19 [17].

První altán byl navržen především z rostlého smrkového dřeva. Z architektonického a konstrukčního hlediska je nestandardní díky chybějícímu rohovému sloupku. Tím je vnitřní prostor více otevřený směrem ven. Střešní konstrukci přenáší zavěšený nosník z lepeného lamelového dřeva. Druhý altán je rozměrově větší a celý je navržen ze zakřivených obloukových nosníku a krokví, kde celek tvoří část kopule. Krokve a nosníky jsou navrženy z lepeného lamelového dřeva.

V poslední nejrozsáhlejší části práce byla vybrána druhá varianta altánu, u které byla provedena analýza konstrukce ve studentské verzi programu Scia Engineer 18.1 [10]. Dále byly navrženy a posouzeny nosné prvky, spoje a kotvení. Celková spotřeba lepeného dřeva je 3,93 m³. Celá konstrukce, včetně jejího kotvení, vyhoví pro mezní stav únosnosti i pro mezní stav použitelnosti.

9. Seznam použité literatury

- [1] KOLB, Josef. *Dřevostavby: systémy nosných konstrukcí, obvodové pláště*. Praha: Grada, 2008. ISBN 978-80-247-2275-7.
- [2] In: *Dřevostavby & zahradní domky* [online]. [cit. 2019-02-09]. Dostupné z: <http://www.konrad.cz>
- [3] In: *The Pocono* [online]. [cit. 2019-02-28]. Dostupné z: <http://www.timberscape.com/outdoorplans/pocono.html>
- [4] In: *Zahradní srubové altány* [online]. [cit. 2019-02-09]. Dostupné z: <http://www.monivet.cz/altany/>
- [5] Field Outdoor Spaces. In: *Altány a pergoly* [online]. 2015 [cit. 2019-02-28]. Dostupné z: <https://www.drevostavitel.cz>
- [6] In: *Materiálové Charakteristiky* [online]. [cit. 2019-03-12]. Dostupné z: <http://homel.vsb.cz/~ros11/Drevo/02%20k-mod%20a%20k-def.pdf>
- [7] ČSN EN 1991-1-1. *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb*. Praha: Český normalizační institut, 2003.
- [8] ČSN EN 1991-1-3. *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem*. Ed. 2. Praha: Český normalizační institut, 2012.
- [9] ČSN EN 1991-1-4. *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem*. Ed. 2. Praha: Český normalizační institut, 2013.
- [10] Scia Engineer 18.1. Komerční software. Dostupné z: <https://www.scia.net/cs?language=sk>
- [11] ČSN EN 1990. *Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí*. Ed. 2. Praha: Český normalizační institut, 2011.
- [12] ČSN EN 1995-1-1. *Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla - Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*. Praha: Český normalizační institut, 2006.

- [13] Draft prEN 16612 „*Glass in building – Determination of the load resistance of glass panes by calculation and testing*“, CEN – European committee for standardization, květen 2013, Brusel, Belgie.
- [14] Systémy upevnění pro konstrukce dřevěných staveb [online]. 2013 [cit. 2019-04-03]. Dostupné z: <https://www.sfsintec.biz>
- [15] ČSN EN 1993-1-7. Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-7: Deskostěnové konstrukce příčně zatížené. Praha: Český normalizační institut, 2008.
- [16] HIT-ICE INJECTION MORTAR [online]. 2018 [cit. 2019-04-06]. Dostupné z: https://www.hilti.cz/medias/sys_master/documents/he1/h08/9340786376734/HIT-ICE-FTM-2012-09-Technical-information-ASSET-DOC-2331239.pdf
- [17] ArchiCAD 19. Komerční software. Dostupné z: <https://www.graphisoft.com>
- [18] Blass, H. J. a kol. *Dřevěné konstrukce podle EUROKÓDU 5. STEP 1. Navrhování a konstrukční materiály*. Vydal Koželouh, B. – KODR Zlín, 1998.

10. Seznam výkresů

ČÍSLO VÝKRESU	NÁZEV VÝKRESU	MĚŘÍTKO
1	PŮDORYS	1:50
2	PŘÍČNÝ ŘEZ A-A'	1:50
3	DETAILY KOTVENÍ	1:5
4	DETAILY SPOJŮ	1:5

11. Seznam příloh

Příloha č. 1 – Výstupy z programu Scia Engineer 18.1

Příloha č. 2 – Výkresy